PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 19. 1. Oktober 1910. Redaktionsschluß für No. 20 am 3. Oktober 1910. 11. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

F. Braun, Über die Beugung polarisierten Lichtes an sehr feinen dielektrischen Gittern. S. 817.

R. W. Wood, Optische Täuschungen und doppelte Umkehrung von Spektrallinien. S. 822.

R. W. Wood, Eine neue strahlende Emission seitens des Funkens. S. 823.

N. Campbell, Über Schweidlersche Schwankungen. S. 826.

A. Hagenbach u. H. Veillon, Über die Charakteristiken des elektrischen Lichtbogens und des Glimmlichtes zwischen Kupferelektroden im partiellen Vakuum. S. 833.

J. Koenigsberger, Versuchsanordnung zu direkten photographischen Beobachtungen an Kanalstrahlen in reinen Gasen mit Ausschluß von Wasserstoff. S. 848.

M. Rosenmüller, Anemometer für Ionenaspiration. S. 850.

O. M. Corbino, Bemerkung zu den Arbeiten des Herrn K. Abels „Verschiebung der Interferenzstreifen, aufgefaßt als Lichtschwebungen infolge des Dopplereffekts. S. 851.

R. W. Wood, Lichtschwebungen und Dopplereffekt. S. 851.

Nachtrag zum Bericht über die 17. Hauptversammlung der Deutschen Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie vom 5.—8. Mai 1910 zu Gießen:

E. Cohen, Die Normalelemente. S. 852.

Besprechungen:

G. Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. S. 855.

Berichtigung. S. 855.

Personalien. S. 855.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1910/11. S. 856.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Beugung polarisierten Lichtes an sehr feinen dielektrischen Gittern.

Von Ferdinand Braun.

Die Versuche, über welche ich im folgenden berichte, beziehen sich auf ein bekanntes mikroskopisches Testobjekt, Pleurosigma angulatum, an dem ich auffallende optische Erscheinungen beobachtete. Ihr physikalisches Interesse scheint mir darin zu liegen, daß sie im genannten Präparat ein recht regelmäßig gestaltetes Objekt erkennen lassen, dessen Dimensionen so beschaffen sind, daß sie gerade an die Grenze heranreichen, bei denen die Theorie noch eben für das sichtbare Licht Beugungsspektra erwarten läßt. An dieser Grenze scheint aber die Polarisation des gebeugten Lichtes nach sehr einfachen Gesetzen zu erfolgen, während sie bekanntlich bei gröberen Strukturen zu recht komplizierten Erscheinungen führt, wie dies namentlich aus den sehr ausgedehnten und sorgfältigen Untersuchungen, die wir G. Quincke[1]) verdanken, folgt. Der Übergang zu den Quinckeschen Beobachtungen — wenigstens an seinen feinsten Gittern — läßt sich wahrscheinlich von hier aus herstellen.

1. Aussehen von Pleurosigma angulatum. Optische Schematisierung. Das äußere Aussehen des Präparates zeigt Fig. 1[2]); Fig. 2 ist eine photographische Aufnahme in rund 1600facher Vergrößerung (aufgenommen in nahezu zentraler Beleuchtung mit homogener Immersion 2 Mm., numerische Apertur 1,30 und Kompensationsokular Zeiß Nr. 4).

Alle folgenden Beobachtungen sind — sofern nicht das Gegenteil erwähnt ist — mit demselben Objektivsystem und meistens Kompensationsokular Nr. 8 (lineare Vergrößerung 1040) angestellt. Okular 4 läßt sie nicht so deutlich erkennen, Okular 12 macht die Beobachtung etwas bequemer, von Okular 18 (2000fache Vergrößerung) fand ich keinen Nutzen.

Von den als Testobjekte benutzten Diatomeren wird angegeben, daß sie ausgeglüht seien und aus Kieselsäure bestehen; der Brechungsexponent ist ungefähr 1,5. Optisch wirken sie, als ob jede der beiden Schalen aus einem System von drei[1]), nahezu unter 60° sich schneidenden Gittern bestände. Die Stäbchen je eines Gitters sind nicht genau parallel, sondern je etwas gegeneinander verdreht, so daß die letzten Stäbchen etwa 5° mit den mittleren bilden. In der Nähe der Spitzen scheint der Bau etwas anders zu sein. Die Beschaffenheit der Mittelrippe und des Randes habe ich nicht untersucht. Die Gitterstäbchen haben einen Abstand b, welcher nahezu eine Wellenlänge roten Lichtes beträgt. Die beugenden Öffnungen selber werden in ihren Lineardimensionen sonach kleiner als eine Wellenlänge. Ihre Form macht sich für die beobachtete Intensitätsverteilung des gebeugten Lichtes nicht geltend, über sie kann daher mit den hier benutzten

1) G. Quincke, Göttinger Berichte 1873; Pogg. Ann. **148**, 1, 1872; **149**, 273, 1873.

2) Fig. 1, 2, 5, 7, 10, 11, 12 befinden sich auf Tafel XVIII und XIX.

1) Ob zwei oder drei ist nicht mit voller Sicherheit zu entscheiden. Ich nehme drei Gitter an.

Methoden nichts ausgesagt werden. Je nach Einstelltiefe, Schiefe der Beleuchtung usw. erscheint die Zeichnung aus Dreiecken bestehend oder mehr wabenartig usw. Betreffs der verschiedenen Annahmen, die über die Struktur gemacht wurden, vgl. Dippel, Handbuch der allgemeinen Mikroskopie, 2. Auflage, Braunschweig, Vieweg, 1882, S. 158.

Nimmt man (vgl. Fig. 3) an, daß man jede der beugenden Öffnungen durch eine punktförmige Lichtquelle ersetzen darf, die im Schwerpunkt S der Dreiecksflächen gelegen ist, so ergibt sich die Lichtintensität der Fraunhoferschen Maxima II. Klasse durch einfache Rechnung. Wir schematisieren, wie Fig. 4 angibt.

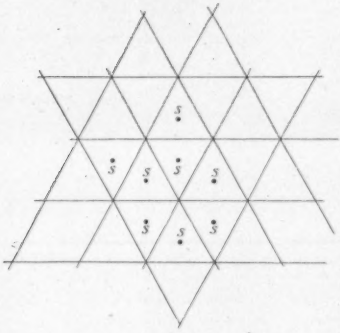


Fig. 3.

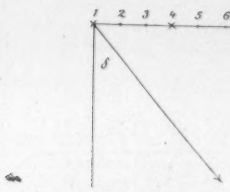


Fig. 4.

Die Sternchen 1, 4, 7 bedeuten Gitterstäbchen, die Punkte 2, 3, 5, 6 usw. die in eine Linie gelegten Schwerpunkte. Der Abstand $1/4 = b$ heiße Gitterkonstante. Der Gangunterschied x zweier aufeinander folgenden Strahlen beim Beugungswinkel δ ist dann

$$x = \frac{b}{3} \sin \delta;$$

es sei

$$\frac{x}{\lambda} 2\pi = \beta$$

gesetzt; im ganzen seien n Paare von leuchtenden Punkten vorhanden; dann ergibt sich die Intensität I des im Winkel δ gebeugten Lichtes

$$I = 4 \cos^2 \frac{\beta}{2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{3n\beta}{2}}{\sin^2 \frac{3\beta}{2}}.$$

Daraus folgen die teilweise auch ohne Rechnung verständlichen Resultate:

1. Die größte Helligkeit tritt ein für $x = \lambda$; denn dann unterstützen sich alle Quellen vollkommen. Die Intensität würde dann proportional mit $4n^2$. Dieser Fall ist aber für uns ausgeschlossen, da ihn die Stababstände nicht zulassen.

2. Ein zweites Maximum mit der relativen Intensität $3n^2$ tritt ein für $x = 2\frac{\lambda}{3}$ und $x = \frac{\lambda}{3}$. Auch der Fall $2\frac{\lambda}{3}$ kommt nicht in Betracht. Es bleibt nur $x = \frac{\lambda}{3}$ und auch dafür wird der Beugungswinkel schon nahezu 90°. Die Lage dieses Maximums gestattet die Gitterkonstante zu berechnen; es liegt an derselben Stelle, an welcher ein Gitter von der Gitterkonstante b das erste Maximum II. Klasse haben würde.

2. Verhalten im polarisierten Licht. Unter Schwingungsrichtung soll immer diejenige der elektrischen (Fresnelscher Vektor) verstanden sein. Die Schwingungsrichtung des Polarisators nenne ich s_1.

Legt man ein Pleurosigmapräparat so auf den Tisch des mit Objektivnicol und drehbarem Okularnicol versehenen Mikroskops, daß die Längsausdehnung des Präparates parallel s_1 ist und stellt den Okularnicol auf Dunkel, so tritt ein neues System feiner Streifen auf, welches parallel s_1 ist und, soweit man beurteilen kann, in den Diagonalen der Rhomben verläuft. Fig. 5 zeigt es, namentlich links oben, sehr deutlich (dasselbe Präparat wie in Fig. 2). Man hat event. die Neigung des auffallenden Lichtes

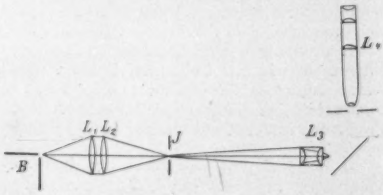


Fig. 6.

etwas auszuprobieren, wird die Streifen aber bei hinreichender Vergrößerung und Helligkeit der Lichtquelle leicht finden. Bisweilen sind schon geringe Drehungen des Polarisators oder Analysators ausreichend, sie verschwinden zu lassen, so daß man versucht sein könnte, sie als recht scharfe Indikatoren für die Schwingungsrichtung polarisierten Lichtes zu halten. Ohne gleichzeitige Anwendung von Polarisator und Analysator habe ich sie nicht beobachtet.

3. Um die Entstehung dieser Streifen aufzuklären gehen wir über zu den Beugungserscheinungen, welche das Präparat in der Fokalebene des Objektivs liefert. Die Anordnung, welche ich benutzte, ist die folgende (Fig. 6). Das von der Liliputlampe B gelieferte und durch die erste, zur Lampe gehörige Linse L_1 parallel gemachte Licht wird durch eine zweite Linse L_2 in der Mitte einer Irisblende J vereinigt (gelegentlich wird vor dieselbe eine Mattscheibe aus Salinglas gestellt). In gleicher Höhe, etwa 40 cm entfernt, befindet sich der Mikroskopspiegel. Für eine allgemeine Orientierung genügt es den Hohlspiegel des Mikroskops zu benutzen. Derselbe gibt aber natürlich astigmatisch sehr verzerrte Bilder der Lichtquelle. Für genauere Beobachtungen wird daher der Planspiegel (in beiden Fällen in Verbindung mit dem Abbeschen Beleuchtungsapparat, der in der Zeichnung weggelassen ist) verwendet. Aus Gründen, welche gleich besprochen werden sollen, wird aber möglichst nahe dem Planspiegel nochmals ein Linsensystem L_3 kurzer Brennweite (Mikroskopokular), welches mit den anderen Linsen zentriert ist, aufgestellt. Dieses erzeugt ein verkleinertes Bild des ersten Diaphragmas unmittelbar hinter dem Linsensystem und damit in der Nähe des Spiegels.

Zum Zwecke der Beobachtung verfahren wir folgendermaßen: Wir suchen zunächst mit schwacher Vergrößerung ein Pleurosigma, welches von den benachbarten möglichst entfernt ist. Wir vertauschen dann das Objektiv gegen Ölimmersion, helfen etwaiger mangelhafter Zentrierung durch Verschieben nach und stellen scharf ein (bei voll geöffneter Irisblende). Entfernt man nun das Okular, so sieht man, wie bekannt, die Beugungsspektren, hell und deutlich, aber sehr klein. Um sie detaillierter zu erkennen, wird die „Bertrandlinse“ L_4 in den Okulartubus eingeschoben; diese gibt mit dem Okular zusammen ein Mikroskop. Die Bertrandlinse ist mit Trieb im Tubus verschiebbar; der Trieb gestattet, wenn sie mit — auszusuchenden — Okularen kombiniert ist, so nahe an die Beugungsspektren heranzukommen, daß man scharf auf dieselben einstellen kann. Wir stellen ein auf das zentrale Bild (der dann möglichst klein gemachten Irisblende) und nehmen an, daß wir dann auch auf die Spektren scharf eingestellt haben. Bei Benutzung des Planspiegels ist dies meist nur möglich, wenn der die Spektra erzeugende Lichtpunkt dem Objektiv durch das System L_3 nahe gebracht ist. Wir beobachten dann natürlich Beugungserscheinungen, welche nicht genau in der Fokalebene des Objektivs liegen. Doch ändert dies nichts Wesentliches.

Dreht man den Spiegel so, daß das zentrale Bild in der Mikroskopachse erscheint, so findet man um dasselbe, soweit man beurteilen kann, ganz symmetrisch verteilt, sechs Spektren von merklich gleicher Helligkeit. Fig. 7 zeigt dieselben, aufgenommen mit horizontal gelegtem Mikroskop (also ohne Spiegel) und nach klein gestellter Irisblende des Abbeschen Beleuchtungsapparates, ohne Polarisator[1]). Das Rot derselben reicht eben bis an die Grenze des Gesichtsfeldes.

Die Spektren verlaufen im wesentlichen radial, die meisten sind aber breiter als das zentrale Bild und in radialer Richtung von einem System scharfer schwarzer Streifen durchzogen, so daß man auch sagen könnte, man sehe ein ganzes System von Spektren (10 und mehr).

Mit dem Auge sieht man das zentrale Bild als kleinen Kreis, umgeben von vielem diffusen Lichte. (In der Photographie überdeckt das diffuse Licht das zentrale Bild.) Mit dem Auge sieht man ferner im zentralen Bild zwei gekrümmte Streifen (wie x). Diese sind eine Beugungserscheinung, herrührend von den beiden Hälften (Schalen) des Pleurosigma. Man erkennt dies aus dem Folgenden: War das Mikroskop auf das Präparat eingestellt und setzte man dann die Bertrandsche Linse ein, so sah man das, schwach vergrößerte, Pleurosigma. Verschob man nun das durch die Bertrandlinse hergestellte Beobachtungsmikroskop, um auf das zentrale Bild einzustellen, so sah man, wie das scharfe Pleurosigmabild immer mehr in die erwähnten Beugungsstreifen überging.

Das diffuse Licht rührt offenbar von Reflexionen im Instrument, denn es bleibt merklich ebenso, wenn man durch Verschieben das Präparat ganz aus dem Gesichtsfelde entfernt.

Die Polarisationsebene einzelner Beugungsspektra ist stark gedreht gegen diejenige des auffallenden Lichtes, welche mit derjenigen des zentralen Bildes übereinstimmt. Man beobachtet diese Polarisation am besten, wenn

1) Die Photographie zeigt noch ein zweites, ähnlich gelegenes, engeres System; seinen Ursprung kann ich bis jetzt nicht angeben.

man schiefe Beleuchtung anwendet und die Inzidenz so schräg wählt, daß das zentrale Bild eben zu verschwinden beginnt. Fig. 8a gibt halbschematisch das in diesem Falle zu beobachtende Bild wieder und die Schwingungsrichtung des Lichtes. Fig. 8b deutet die zugehörige Lage des Präparates an.

Fig. 8a.

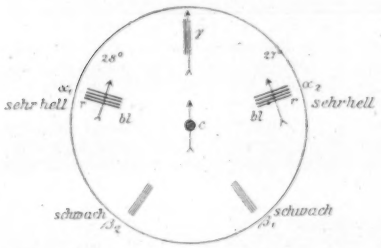


Fig. 8b.

Mit dem Okularnicol erkennt man sehr gut, a) daß zentrales Bild c und Spektrum γ gleichzeitig verschwinden; b) wenn Spektrum α_1 auf maximale Dunkelheit gestellt ist, daß das korrespondierende α_2 hell ist und umgekehrt.

Das Licht ist merklich linear polarisiert. Die Drehung der Polarisationsebene habe ich in vielen Fällen zu messen gesucht und immer folgendes gefunden; die Drehung in den beiden „korrespondierenden" Spektren (α_1 und α_2) gemessen gegen die Schwingungsrichtung des auffallenden Lichtes ist häufig verschieden, was offenbar mit einer infolge der Spiegellage unsymmetrischen Lage der beiden Spektren zusammenhängt (z. B. 24° und 36° mit Hohlspiegel, 22° und 27° mit Planspiegel belichtet). Die Drehung in den beiden Spektren gegeneinander fand sich mit Hohlspiegel fast immer zu nahezu 60°. Dies gilt für rotes Licht. Die anderen Farben sind weniger stark gedreht; bei dem hier benutzten Okular ließ der Okularnicol keine genauen Messungen zu; ich taxiere, daß Blau etwa 6° bis 8° weniger gedreht ist (vgl. § 6).

Die Erklärung für diese starke Drehung suchte ich zunächst in Vorgängen (etwa Bildung stehender Wellen) in den kleinen dreieckigen Öffnungen, welche durch die Durchdringung dreier Gitterstabsysteme entstehen und deren lineare Dimensionen nur Bruchteile einer Wellenlänge ausmachen. Da sich die Erscheinungen aber auch (wenn auch weniger deutlich) an Präparaten zeigen, die in Monobromnaphthalin ($n = 1{,}66$) eingebettet sind, so blieb für diese Erklärungsmöglichkeit kein Raum mehr.

Es handelt sich offenbar um eine Wirkung des Gitters und einen Polarisationsvorgang, welcher in dieser Stärke erst auftritt, wenn die Gitterkonstante nahezu gleich der Wellenlänge wird.

4. Die Gitterkonstante (b) habe ich in der folgenden Weise zu ermitteln gesucht:

a) Ein Nobertsches Gitter mit bekannter Gitterkonstante (0,0025 mm) zeigte, mit Trockensystem F untersucht, daß das Rot des dritten Maximums etwa da liegt, wo bei Pleurosigma das Blau oder Grün des ersten Maximums sich befindet. Je nachdem man Koinzidenz mit Blau ($\lambda = 0{,}00048$) oder mit Grün ($\lambda = 0{,}00053$) annimmt, berechnet sich b zu 0,00060 oder 0,00066 ($\lambda_R = 0{,}00066$ gesetzt). Der Beugungswinkel δ berechnet sich dann zu 52°.

b) Vom Trockensystem F wird die numerische Apertur zu 0,9 angegeben. Das Blau oder Grün des vom Pleurosigma abgebeugten Lichtes ist gerade noch an der Grenze des Gesichtsfeldes zu sehen (die anderen Farben fallen schon darüber hinaus). Rechnet man mit grünem Licht und setzt den Sinus des Beugungswinkels δ zu 0,9 ein ($\delta = 65°$), so folgt $b = 0{,}00057$; setzt man sin $\delta = 0{,}8$, so wird $b = 0{,}00066$.

c) Die direkte Abmessung aus der 1608 fach vergrößerten Aufnahme zeigt 34 Gitterstriche auf 30 mm Länge, gibt also die Gitterkonstante $b = 0{,}00055$. Die verschiedenen hier geschätzten Werte wären sonach

$$b = 0{,}00060,$$
$$= 0{,}00066,$$
$$= 0{,}00057,$$
$$= 0{,}00066,$$
$$= 0{,}00055.$$

Die höchsten Werte führen eben an die Wellenlänge der C-Linie heran. Der Theorie nach sollte diese Farbe schon kein Beugungsmaximum mehr zeigen. Auf einen derartigen Widerspruch gegen die Theorie möchte ich vorerst nicht schließen; jedenfalls ist man aber ganz an der Grenze, wo für Rot noch Beugungsmaxima auftreten.

Nach den Beobachtungen wird man zu der Annahme geführt, daß ein dielektrisches Gitter, wenn seine Gitterkonstante sehr nahe der Wellenlänge liegt, fast nur noch die Gitterparallele Schwingung abbeugt.

In Anbetracht der Unvollkommenheit der Messungen ist die folgende direkte qualitative Kontrolle angenehm.

Stellt man das Spektralbild, das einem bestimmten Gitter zugehört, in der angegebenen Weise, d. h. möglichst axial und dreht dann den Polarisatornicol, so findet man, daß immer, wenn die auffallenden Schwingungen senkrecht zu den Gitterstrichen erfolgen, das Rot in dem zugehörigen Spektrum, wenn es auch nicht vollständig verschwindet, so doch sehr schwach wird.

5. Die Erklärung der Ausgangserscheinung ist nun unter Benutzung der Abbeschen Mikroskoptheorie sehr einfach und läßt sich in verschiedener Weise darstellen.

Fig. 8b gibt die Lage des Präparates, Fig. 8a die Lage und Schwingungsrichtung der Beugungsbilder (c zentrales Bild, $\alpha_1\,\alpha_2$, $\beta_1\,\beta_2$ und γ Beugungsspektra). Einfachheit halber lassen wir das Beugungsbild γ im folgenden unberücksichtigt; ebenso die Bilder β_1 und β_2.

c und α_1 geben (Fig. 9) ein System S_1 von Interferenzstreifen, senkrecht zur Verbindungslinie e derselben gelegen von einer Breite, die umgekehrt proportional mit e ist. c und α_2 geben ein ebensolches System S_2 unter 60^0 gegen S_1 gedreht. An den hellen Stellen dieser Systeme schwingt das Licht parallel s_1.

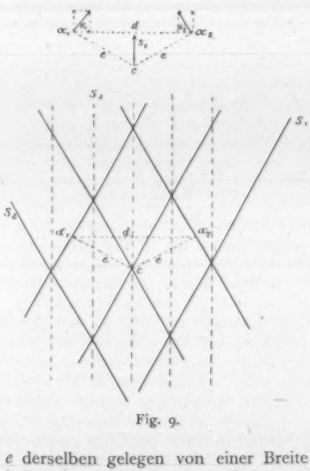


Fig. 9.

Diesen beiden Systemen superponiert sich ein drittes, welches herrührt von den Komponenten σ_1 und σ_2 der Spektra α_1 und α_2; dieses Streifensystem ist senkrecht zur Verbindungslinie $\alpha_1\,\alpha_2$ und von einer diesem Abstande umgekehrt proportionalen und daher geringeren Streifenbreite (System S_3). Das Licht in diesem System schwingt senkrecht zu s_1.

Bezeichnet s_2 die Durchlaßebene des Analysators, so folgt also:

a) wenn $s_2 \parallel s_1$, so sieht man die Systeme S_1 und S_2 (mit etwas anderer Intensitätsverteilung als ohne Analysator),

b) wenn $s_2 \perp s_1$, so sieht man System S_3.

Nimmt man noch Rücksicht auf die Phasen, so ergibt sich für die Systeme S_1 und S_2 eine gewisse Lage, dadurch bestimmt, daß die zur Erzeugung beitragenden Quellen gleichphasig sind. Es möge ein Maximum etwa in der Mitte vom Abstand e gedacht sein. Die Komponenten σ_1 und σ_2 dagegen, welche das System S_3 erzeugen, sind um 180^0 phasenverschoben, daher hätten wir in die Mitte von d für S_3 ein Minimum einzuzeichnen. Aus diesem allen folgt, daß die dunklen Streifen des Systems S_3 den eingezeichneten Abstand haben und durch die Eckpunkte der Systeme S_1 und S_2 gehen müssen, so wie es in Fig. 9 angegeben ist.

Ob diese Lage wirklich genau vorhanden ist — wie es zu sein scheint —, habe ich nicht mit Sicherheit konstatieren können.

Dagegen läßt sich nachweisen, daß das feinere System auftritt, sobald man s_1 und damit s_2 aus der in Fig. 8b angegebenen Lage um 60^0 oder 2×60^0 dreht.

6. Daß Gitter das Licht polarisieren, ist aus zahlreichen Beobachtungen, insbesondere den schon erwähnten sehr ausführlichen Untersuchungen von G. Quincke bekannt. Er hat Gitter der verschiedensten Substanzen (Metall-, Ruß-, Glasgitter usw.) geprüft mit Gitterkonstanten von 272 bis 4,26 λ_D und im allgemeinen sehr komplizierte Erscheinungen gefunden. Ein Teil seiner Beobachtungen findet sich auch bei diesen feinen Pleurosigmagittern wieder; z. B. daß (l. c., S. 312) bei einem feinen Silberkollodiumgitter die Drehung der Polarisationsebene für rotes Licht größer ist als für blaues, desgleichen daß bei seinem feinsten Furchengitter Nobert III ($b = 4{,}26\ \lambda_D$) für 76^0 Beugungswinkel (4. Maximum) Drehungen von 10 bis 11^0 auftraten (die aber ziemlich unabhängig von der Farbe waren).

Durchsichtige Kopien von Rowlandgittern ($b = 2{,}8\ \lambda_D$), die ich prüfte, schienen sich ähnlich zu verhalten, doch war die Deutung wegen gleichzeitiger Polarisation an Glasflächen nicht einfach. Das feinste Nobertsche Glasgitter

($b = 0{,}0025$ mm $=$ ca. $4{,}2\,\lambda_D$), welches mir zur Verfügung stand, zeigte, unter dem Mikroskop untersucht, keine Drehung, welche mehr als etwa 1^0 betrug.

Um so auffallender sind die starken Drehungen bei diesen feinen Gittern, welche außerdem zu besonders einfachen Resultaten zu führen scheinen. Die folgenden Zahlen legen nämlich die Vermutung nahe, daß die Drehung in verschiedenen Medien nur abhängig ist von der Wellenlänge in dem betreffenden Mittel.

Medium	Farbe	Wellenlänge	Drehung
Luft . . .	rot	0,00060	30^0
	blau	0,00048	19^0
Monobrom-naphthalin .	rot	0,00036	14^0
	blau	0,00029	6^0

Ich vermute, daß die Drehung 30^0 zu groß ist und durch etwa 28^0 zu ersetzen ist, die zweite zu klein und daß etwa 23^0 richtiger ist.

Diese Beziehung ist erst genauer und ausführlicher zu untersuchen.

7. Ich gehe nur noch kurz auf die Frage ein, woher es rühren mag, daß man mehrere nebeneinander gelegene Spektra beobachtet; ich will sie Kürze halber sekundäre nennen. Man wird die Erscheinung wohl damit in Zusammenhang zu bringen haben, daß die einzelnen Stäbchen eines Gitters nicht durchweg parallel, sondern, wie schon früher erwähnt, die äußersten Stäbchen etwa 5^0 gegen die mittleren verdreht sind.

Dieser Fall läßt sich nicht leicht nachahmen. Mit ihm hängt aber zusammen, daß auch die Gitter nicht durchweg um je 60^0 gegeneinander verdreht sind. Um ohne Rechnung das Resultat einer solchen Anordnung zu übersehen, habe ich die Fraunhoferschen Beugungserscheinungen beobachtet und photographiert, welche drei gleiche gegeneinander verdrehte Metallgitter geben.

Zwei Gitter unter 60^0 Neigung geben (auch bei anderen Azimuten) keine sekundären Spektra.

Drei je unter 60^0 gedrehte Gitter liefern auch keine sekundären Spektra (Fig. 10). Sie geben, soweit man ohne Messung beurteilen kann, auch für die hier allein in Betracht kommenden ersten Maxima so genau dieselbe Intensitätsverteilung wie zwei Gitter, daß aus dieser keine Entscheidung möglich erscheint, ob bei Pleurosigma zwei oder drei Gitter vorliegen.

Fig. 11 zeigt die Spektra, wenn der Winkel Gitter $1\,|\,2 = 60^0$, $2\,|\,3 = 67^0$ ist; Fig. 12 für $1\,|\,2 = 65^0$; $2\,|\,3 = 67^0$. Die charakteristischen Erscheinungen von Pleurosigma werden damit im großen und ganzen wiedergegeben.

Mit diesen Verdrehungen der Gitter gegeneinander mag es auch zusammenhängen, daß man bisweilen Drehungen der Schwingungsebene des gebeugten Lichtes von mehr als 30^0 mißt.

Ob auch zwei unter 60^0 verdrehte Gitter, deren jedes aber aus nicht genau parallelen oder nicht ganz geradlinigen Stäbchen besteht, ähnliche Beugungsspektra liefern, lassen die Versuche unentschieden. Nur diese könnten ein Urteil darüber geben, ob bei Pleurosigma zwei oder drei Gitter anzunehmen sind.

Das Vorstehende kann nur eine erste Annäherung an die Deutung der wirklichen Verhältnisse sein; z. B. zeigt Fig. 10, daß jedenfalls in zwei Spektren sich Licht befindet, welches man nach der hier gegebenen Darstellung als von beiden Gittern herrührend ansehen muß. Für das Wesentliche der gegebenen Deutung ist dies ohne Belang. Für das Quantitative der Drehung der Schwingungsebene wird ihm aber Rechnung zu tragen sein. Es wäre wünschenswert ein einziges, derart feines Gitter verwenden zu können. Ein so beschaffenes natürliches Präparat habe ich bisher nicht gefunden; ein künstliches ließe sich voraussichtlich mit Fasern von Aluminiumhydroxyd[1]) oder in ähnlicher Weise erhalten.

1) Vgl. Jost in einem Aufsatze von H. Wislicenus, Zeitschr. f. Kolloidchem. **6**, 17, 87, 1910; Tharander forstl. Jahrb. **60**, 331, 1909; H. Ambronn, Zeitschr. f. Kolloidchem. **6**, 222, 1910.

Straßburg, 30. Juli 1910.

(Eingegangen 6. August 1910.)

Optische Täuschungen und doppelte Umkehrung von Spektrallinien. (Optical Illusions and Double-reversals of Spectrum Lines.)

Von R. W. Wood.

Auf die mehrfach erwähnte Beobachtung einer hellen Linie, die in der Mitte jeder der dunklen D-Linien zu sehen ist, wenn man das Licht von dem Krater des Bogens durch den Dampf von Natrium hindurchgehen läßt, wird so häufig hingewiesen, daß es mir der Mühe wert erscheint, auf eine optische Täuschung aufmerksam zu machen, die ich noch nie beschrieben gefunden habe, und die oftmals für die scheinbare doppelte Umkehrung verantwortlich ist.

Ich habe sie bei dem verhältnismäßig kalten Natriumdampf in einem Stahlrohr gesehen, durch welches ich das Licht des Bogens hindurchgehen ließ, und war nicht imstande, sie zu erklären, da die D-Linien im Lichte des Bogens nicht erschienen, die Lichtquelle also kontinuierlich war.

Die hellen Linien, welche die breiten schwarzen D-Linien halbierten, waren sehr deutlich und erschienen auf Photographien gleichfalls deutlich. Als ich versuchte, die Photographien unter dem Mikroskop der Teilmaschine auszumessen, fand ich zu meiner Überraschung, daß die hellen (oder vielmehr dunklen) Kerne nicht erschienen, wenn das Negativ beträchtlich vergrößert war. Dieser Umstand ließ eine optische Täuschung vermuten, und ich ordnete deshalb zwei Metallschlitten in der Brennebene des Spektrographen an, mit deren Hilfe ich das kontinuierliche Spektrum von beiden Seiten her abschneiden konnte, so daß nur die dunkle D_1- bezw. D_2-Linie übrig blieb. Ich fand, daß in dem Augenblick, wo die letzten Spuren des hellen Spektrums verdeckt wurden, der helle Kern der dunklen Linie verschwand.

Man kann die Täuschung unschwer sehen, wenn man zwei weiße Karten in derselben Ebene so hält, daß ihre Kanten parallel und etwa ein Millimeter voneinander liegen. Der Hintergrund hinter den Karten muß schwarz sein, und sie müssen sehr stark beleuchtet sein. Man wird dann eine schmale helle Linie sehen, welche die dunkle Linie, die die Karten trennt, halbiert. Sie wird breiter, wenn man die Karten auseinander rückt, und scheint ihre Ursache darin zu haben, daß der strahlende Schein, der die Karten begrenzt, sich fast, aber nicht ganz, bis an den Rand der Karte erstreckt.

Spektroskopiker, die sich mit der Umkehrung von Linien beschäftigten, sollten diese sonderbare Täuschung kennen und auf sie acht geben, eine Täuschung, die oft zu falschen Beobachtungen führen kann, und zwar nicht nur bei subjektiv beobachteten Spektren, sondern ebensogut auch auf Photographien.

Diese Täuschung mag auch bei der Beobachtung der sogenannten doppelten Marskanäle eine gewisse Rolle spielen.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. August 1910.)

Eine neue strahlende Emission seitens des Funkens.
(A New Radiant Emission from the Spark.)

Von R. W. Wood.

Ich weiß kaum, wie ich die eigenartige Strahlungsart bezeichnen soll, von welcher die vorliegende Arbeit handelt. Ich habe sie zuerst vor zwei Jahren gelegentlich einiger Versuche entdeckt, die ich zu dem Zwecke angestellt hatte, festzustellen, ob die von dem Funken ausgehenden Schumannstrahlen in der Luft, von der sie absorbiert werden, irgendwelche Fluoreszenz erregen. Wir wissen heute, daß ein schwaches ultravioletten Leuchten der Luft oder des Stickstoffs in der Umgebung einer kleinen Masse Radium stattfindet, mit anderen Worten, daß das Radium das Gas lumineszieren läßt. Um einer von der Absorption sehr kurzer Lichtwellen herrührenden Fluoreszenz nachzuspüren, ließ ich den Kondensatorfunken zwischen Aluminiumelektroden ganz dicht hinter einem senkrechten Metallstreifen übergehen, der den Funken vollkommen verbarg, aber sowohl die subjektive als auch die photographische Beobachtung der Luft in dessen unmittelbarer Nachbarschaft gestattete. Wenn die Luft im Zimmer frei von Rauch und Staub war, so war mit dem Auge absolut nichts zu sehen, selbst nach längerem Ausruhen im Dunkeln. Dagegen zeigte eine mit einer kleinen Kamera mit einer Quarzlinse aufgenommene Photographie, daß die Luft rings um den Funken eine Quelle einer kräftigen aktinischen Strahlung war, welche durch Einschalten einer Glasplatte zwischen Kamera und Funken vollkommen zurückgehalten wurde.

Zwei Hypothesen boten sich sogleich dar: a) Wir haben es mit einer Zerstreuung der kürzesten Wellen seitens der Luftmoleküle oder mikroskopischer Staubteilchen zu tun, wie beim Himmelsblau. b) Es handelt sich um ultraviolette Fluoreszenz der Luft infolge der Absorption der Schumannwellen. Tatsächlich erwies sich keine von beiden Hypothesen als haltbar; ich erwähne sie aber, um zu zeigen, daß ich sie sorgsam in Betracht gezogen habe.

Wenn die Emission ultravioletten Lichtes seitens der Luft nur eine Zerstreuung wäre, so müßte ihr Spektrum mit dem des Funkens identisch sein. Wenn sie hingegen eine Fluoreszenzerscheinung ist, so würde ihr Spektrum ein ganz von diesem verschiedenes sein. Bei der spektroskopischen Untersuchung war es notwendig, möglichst nahe an den Funken heranzukommen, ohne indessen Gefahr zu laufen, daß dessen direktes Licht in den Spalt des Instrumentes eintritt. Um diese Anforderungen zu erfüllen, konstruierte ich den in Fig. 1 dargestellten Apparat. In eine 3 mm starke Aluminiumscheibe wurde ein Loch von 1,5 mm Durchmesser gebohrt und die Scheibe an einem kurzen Messingzylinder B befestigt. Die Aluminiumelektrode C wurde von einer Schraube D getragen, welche durch die Ebonitkappe E hindurchführte. Die Funkenentladung ging zwischen C und dem inneren Rande des Loches in der Aluminiumscheibe über. Wenn die Funkenkammer hermetisch verschlossen ist, so sind die explosiven Ausdehnungen der Luft in

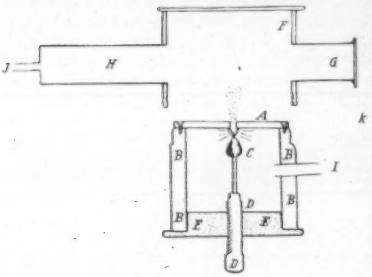


Fig. 1.

der Lage, die Funkenaureole, die beim Aluminiumfunken blaßgrün ist, durch das Loch nach außen zu treiben. Das wird durch das kleine seitliche Rohr I verhindert, das gleichzeitig zur Einführung verschiedener Gase dient. Die Länge des Funkens muß so eingestellt werden, daß kein sichtbarer Teil durch das Loch hinaus getrieben wird, wenn man es von K aus betrachtet.

Ein zweiter oben verschlossener und mit zwei seitlichen Rohren H und G versehener Messingzylinder F kann an die Funkenkammer angeschraubt werden, wenn man die Emission in trockener filtrierter Luft oder in irgendeinem andern Gase zu untersuchen wünscht. Das Rohr G ist mit einem Quarzfenster verschlossen, während H in ein kleineres Rohr J zur Gaseinleitung mündet. Die Emission ist in staubfreier Luft ganz unsichtbar, sie läßt sich aber bei einer Exposition von einer bis zwei Minuten mit einer Quarzlinse von 2 cm Apertur und 15 cm Brennweite photographieren. Bei der Einstellung der Quarzkamera muß man die Brennebene mit einem Okular in einer Dunkelkammer untersuchen, um sich davon zu überzeugen, daß kein Teil der Linse Licht von der Kante des Loches empfängt; mit anderen Worten: Das obere Ende der Linse muß gerade unter der Ebene der Aluminiumscheibe A liegen.

Um einen Begriff von dem Aussehen zerstreuten Lichtes zu erhalten, füllte ich die Luft rings um den Apparat mit Rauch und ließ die Funkenentladung einsetzen. Die hierbei gewonnene Photographie ist in Fig. 2a wiedergegeben. Fig. 2b erhielt ich, als die Luft rauch- und staubfrei war. Sie zeigt das Aussehen der Emission, um die es sich hier handelt. Eine Vergleichung dieser beiden Figuren zeigt uns sofort, daß die Emission sich nicht annähernd so weit von der Öffnung nach außen erstreckt wie das leuchtende Gebiet des lichtzerstreuenden

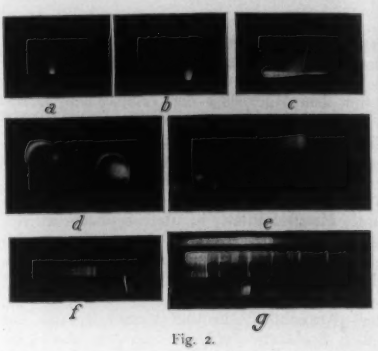


Fig. 2.

Rauches. Es scheint, als würde sie von der Luft sehr schnell absorbiert. Daß dies nicht auf verschiedener Expositionszeit beruht, zeigen die Originalnegative; Fig. 2b ist nämlich in unmittelbarer Nähe der Öffnung in der Scheibe nahezu doppelt so dicht wie Fig. 2a. Sodann machte ich einen Versuch, um die Natur des von der Emission ausgehenden Lichtes festzustellen. Ich befestigte mittels eines kleinen Tropfens Schmelzglas einen feinen Quarzfaden von etwa 2 mm Länge am Rande der Öffnung. Dieser Faden zerstreute das Licht des Funkens und bildete so eine schmale lineare Quelle für Funkenlicht im Mittelpunkte der Grundfläche der Emission. Ich entfernte von einem kleinen Quarzspektrographen das Spaltrohr und brachte den leuchtenden Quarzfaden an dessen Stelle. Fig. 2c zeigt die Photographie, die sich dabei ergab; es ist ein kontinuierliches Lichtband, das Spektrum des Quarzfadens, mit der Emission darüber, nahezu in der Mitte. Dieses Bild bewies, daß das von der Emission stammende Licht ein beschränktes Wellenlängengebiet in der Gegend von 300 bis 310 $\mu\mu$ umfaßte. Dieses Bild wurde mit einer Exposition von nur fünfzehn Minuten erhalten; es erschien infolgedessen wahrscheinlich, daß man das Spektrum der Emission mit einem ziemlich engen Spalte erhalten konnte. Fig. 2e zeigt ein mit einem breiten Spalte erhaltenes Spektrogramm; die Aluminiumlinien zeigen sich hier schwach als ein Ergebnis diffusen Lichtes. Das untere Spektrum ist das des Funkens und soll zum Vergleich dienen. Das Spektrum der Emission besteht aus zwei breiten Banden, von denen die eine sehr stark, die andere (rechts liegende) viel schwächer ist. Es ergab sich, daß diese Banden mit den sogenannten „Wasserbanden“ der Knallgasflamme identisch waren. Fig. 2f läßt dies deutlich erkennen. In dieser Fig. ist das obere

Spektrum das der Knallgasflamme, das untere das der Emission. Außer diesen Banden erhielt ich auf einer Platte noch Linien bei den Wellenlängen 3576, 3537 und 3369 Ä.-E., die mit Linien identisch sind, welche in den von Eder und Valenta veröffentlichten Spektrogrammen dem Stickstoff zugeschrieben werden. Ferner ist eine Linie vorhanden, welche in die Wasserbande eingebettet ist. In Fig. 2g ist das obere Spektrum das der Knallgasflamme (überexponiert); darunter folgt das des Aluminiumfunkens und unten das der Funkenemission. Die Stickstofflinien treten hier sehr klar hervor und sind durch Pfeile bezeichnet. Das Spektrum von Eder und Valenta, das mit dem der Emission praktisch identisch ist, wurde durch Übergehenlassen der Entladung eines Induktors zwischen feuchten Kohleelektroden erhalten und unterscheidet sich von dem der Knallgasflamme dadurch, daß es die oben erwähnten Stickstofflinien zeigt.

Es sah ganz so aus, als könnte die Emission von der Fluoreszenz von Stickstoff und Wasserdampf herrühren, die ihrerseits ein Ergebnis der Absorption der Schumannstrahlen wäre. Hierdurch würde sich ihre Unfähigkeit erklären, die Luft auf irgendwie beträchtliche Strecken zu durchdringen. Um diesen Punkt zu untersuchen, befestigte ich das Hilfsrohr an der Funkenkammer und untersuchte die Emission durch das an dem Rohr G befestigte Quarzfenster. Der Apparat wurde zunächst mit Luft gefüllt, die mittels Durchleitens durch ein Rohr mit Phosphorpentoxyd sorgfältig getrocknet war, und darauf mit Luft, die durch einen feuchten Wattepfropfen hindurchgegangen war. In beiden Fällen wurde die Emission photographiert, doch konnte ich keinen Unterschied in der Intensität der Bilder entdecken. Darauf versuchte ich nacheinander Sauerstoff und Stickstoff. In ersterem fand sich fast keine Spur von der Emission, während sie in letzterem viel heller war und sich auf weitere Entfernung von der Öffnung erstreckte als in Luft. Photographien der Erscheinung in diesen beiden Gasen sind in Fig. 2d wiedergegeben. Die Emission ist gegen den sehr schwarzen Hintergrund photographiert, den das lange Rohr H (siehe Fig. 1) abgab. Die Expositionszeit war in beiden Fällen dieselbe, und die beiden Platten wurden zusammen entwickelt. Die Öffnung ist in beiden Bildern rechts, und die Emission schießt nach links hervor. Die Lichtsichel ist der innere Rand des Rohres H, das von diffusem Licht beleuchtet wird.

Die nächste Frage war, festzustellen, ob die Gegenwart von Sauerstoff die Bildung der Emission verhinderte, oder ob das Gas eine Absorptionswirkung ausübte. Das war schwer festzustellen, denn zahlreiche Versuche zeigten, daß keine Substanz für die Emission durchsichtig war. Es ergab sich, daß eine 0,5 mm dicke Platte aus weißem Flußspat, die Herr Dr. Lyman sehr durchsichtig für Schumannstrahlen gefunden hatte, und die er mir, ebenso wie eine *end-on*-Wasserstoffröhre zur Erzeugung von Schumannstrahlen in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt hat, jede Spur der Emission vernichtete, wenn sie über die Öffnung gelegt wurde. Dadurch wurde die Theorie erledigt, daß es sich um eine von den kurzen Wellen erregte Fluoreszenz handle. Dünne Aluminiumfolie, wie sie in Lenardröhren gebraucht wird, erwies sich gleichfalls als opak. Es ist daher schwierig, die Emission in einem gegebenen Gase zu erregen und in ein anderes übergehen zu lassen. Das Problem wurde schließlich durch einen Versuch gelöst, den ich ersann, um eine der von mir zur Erklärung der Erscheinung entwickelten Theorien zu prüfen. Ich kam auf den Gedanken, daß wir es vielleicht mit Wasserstoffionen zu tun hätten, die von den Elektroden fortgeschleudert würden und durch Vereinigung mit dem Sauerstoff der Luft ein Spektrum hervorriefen, das dem der Knallgasflamme ähnlich ist. Auf diese Weise ließe sich der verminderte Effekt in Sauerstoff als Folge des Umstandes erklären, daß die „Verbrennung" der Ionen nahezu gänzlich innerhalb des kleinen Rohres stattfände, welches die Aluminiumplatte durchbohrte. Wenn dies der Fall wäre, so erschien es wahrscheinlich, daß man, wenn man die Emission in Luft erzeugen und einen kleinen Sauerstoffstrom quer über sie hinleiten würde, eine intensivere Wirkung an der Stelle beobachten würde, wo die Emission mit dem Sauerstoffstrahl zusammentreffen würde. Ich machte den Versuch und fand, daß der Gasstrahl nur die Emission unterbrach, genau als ob er sie absorbierte. Wenn die Emission in Luft erregt und ein Stickstoffstrahl sanft gegen die Öffnung geblasen wurde, so ergab sich, daß die Emission viel weiter hervorschoß und intensiver war. Das magnetische Feld schien ohne Wirkung auf sie zu sein; allerdings stellte es sich heraus, daß der Versuch wegen der Wirkung des Magnets auf den Funken mit Schwierigkeiten verknüpft war.

Noch schwieriger ist es, die Wirkung eines elektrostatischen Feldes zu untersuchen. Das Material, aus dem die Emission besteht, wird offenbar mit sehr großer Geschwindigkeit aus der Öffnung hervorgeschleudert, denn es ist unmöglich, es mit einem starken Luftstrom zur Seite zu blasen. Wenn man ferner fortgesetzt Luft in die Hilfskammer treibt und mit großer Geschwindigkeit durch die Öffnung in der Aluminiumscheibe hindurchgehen läßt, so wird an-

scheinend die Emission nicht im geringsten zurückgehalten.

Ich vermag ihre Reaktionen mit Sauerstoff und Stickstoff und das anscheinende Fehlen jeglichen Einflusses der Gegenwart oder Abwesenheit von Wasserstoff auf die Intensität des hauptsächlich aus den sogenannten Wasserbanden bestehenden Spektrums nicht zu erklären. Diese Banden treten auf, wenn Wasserstoff in Sauerstoff brennt, und doch zerstört Sauerstoff das Leuchten der Emission. Dieser Umstand scheint mir im Zusammenhang mit dem Ursprung dieser Banden von größter Wichtigkeit zu sein. Wenn ich mich recht entsinne, so zerstört die Einführung von Chlorgas in eine Natriumflamme deren D-Linien-Emission, und vielleicht besteht zwischen beiden Erscheinungen eine Analogie. Ich beabsichtige, gelegentlich den Funken direkt zu photographieren und dabei das Prinzip des Spektroheliographen zu benutzen. Ein mit monochromatischem Licht von der Wellenlänge der Wasserbande aufgenommenes Bild des Funkens sagt uns vielleicht etwas über den Ursprung der Emission. Inzwischen, hoffe ich, werden andere die Emission untersuchen, denn sie scheint im Zusammenhang mit dem Ursprung der Strahlung von großer Bedeutung zu sein. Es scheint durchaus wahrscheinlich, daß vielleicht die Entladungsstrahlen mit ihr identisch sind, denn sie werden gleichfalls von Sauerstoff absorbiert. Eine große Schwierigkeit bei der Untersuchung der Emission besteht darin, daß es anscheinend nicht möglich ist, sie von den ultravioletten und den sichtbaren Lichtstrahlen zu trennen, die mit ihr zugleich ausgesandt werden.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 29. August 1910.)

Über Schweidlersche Schwankungen.
(On Schweidler's Fluctuations.)

Von Norman Campbell.

1. In dieser Arbeit beabsichtige ich, zwei Probleme zu erörtern, die mit den Schweidlerschen Schwankungen im Zusammenhang stehen. Beide Probleme sind bereits erörtert worden, und zwar das erste von mir[1]), das zweite von Schweidler und von mir[2]). Die Behandlung, die ich hier gebe, erscheint etwas vollständiger als die bisherigen, und ihre Veröffentlichung erscheint durch das Interesse gerechtfertigt, das die Arbeit von Meyer[1]) für diesen Gegenstand wachgerufen hat. Zu der letztgenannten Arbeit werde ich unter dem Gesichtspunkte der gewonnenen Folgerungen ein paar Bemerkungen machen.

2. Das erste Problem läßt sich folgendermaßen fassen: Es möge eine Anzahl von Ereignissen eintreten, und zwar derart, daß durchschnittlich Z Ereignisse in der Zeiteinheit eintreten. Es sei x die Schwankung der Anzahl der in einer Zeit τ eintretenden Ereignisse um die mittlere Zahl der Ereignisse für diese Periode, so daß also die Anzahl der in dieser Periode tatsächlich eintretenden Ereignisse $Z\tau + x$ ist. Die Schwankungen mögen zufällig sein, und zwar in dem Sinne, in dem dieses Wort in der Wahrscheinlichkeitslehre angewandt wird. Wenn dann τ eine so kurze Periode ist, daß man während ihrer alle physikalischen Verhältnisse als konstant ansehen kann, so wird, wie die Wahrscheinlichkeitslehre ergibt, $\overline{x^2}$, der Mittelwert von x^2 für eine große Anzahl von Beobachtungen, durch die Gleichung

$$\overline{x^2} = Z'\tau \qquad (1)$$

gegeben, wo Z' eine Größe ist, die durch Z und durch die Natur der Ereignisse bestimmt wird. Die Größe $\frac{\overline{x^2}}{\tau}$ wollen wir durch $\overline{x_0^2}$ darstellen.

Ein Zeigerinstrument sei so angeordnet, daß das Eintreten jedes einzelnen Ereignisses an diesem Instrument denselben Effekt hervorbringt. Der Ausschlag des Instruments aus seiner Ruhelage zu irgendeiner Zeit sei ϑ'. Das Problem besteht darin, eine Beziehung zwischen $\overline{\vartheta'^2}$ und $\overline{x_0^2}$ zu finden, so daß man aus dem beobachteten Werte der ersteren Größe die letztere bestimmen kann.

Aus Gründen allgemeiner Natur ist leicht ersichtlich, daß die Beziehung von der Gestalt

$$\overline{\vartheta'^2} = \overline{x_0^2} \cdot S^2 t_0 \qquad (2)$$

sein wird, wo S der von einem Ereignis herrührende Effekt und t_0 die Zeit ist, über welche das Instrument die Schwankungen „integriert". Das Problem besteht hauptsächlich darin, t_0 zu bestimmen.

3. Die Ablesung am Instrument zu irgendeiner Zeit ergebe ϑ, und die Beziehung zwischen ϑ und der Zeit t nach dem Eintritt eines einzelnen Ereignisses zur Zeit $t = 0$ sei

$$\vartheta = f(t). \qquad (3)$$

Wir wollen annehmen, daß sowohl $f(0)$ als auch $f(\infty)$ null seien.

Wir wollen den Wert von ϑ zu einer Zeit betrachten, die von dem Eintritt des ersten Er-

1) Norman Campbell, Proc. Cambr. Phil. Soc. 15, 117, 1909.

2) E. v. Schweidler, diese Zeitschr. 11, 614, 1910; Norman Campbell, Proc. Cambr. Phil. Soc. 15, 310, 1910.

1) Edgar Meyer, Berl. Ber. 1910, S. 647.

eignisses so weit entfernt liegt, daß wir sie als unendlich ansehen können. Die Zeit seit dem Eintritt des ersten Ereignisses wollen wir in Perioden τ von solcher Größe einteilen, daß wir während irgendeiner solchen Periode $f(t)$ als konstant ansehen können. Es sei x_r der Wert von x in der $r$ten Periode, wo die erste Periode die unmittelbar dem Augenblick der Beobachtung voraufgehende sein soll. Dann ist der Effekt der Ereignisse während der $r$ten Periode im Augenblick der Beobachtung:

$$(Z\tau + x_r) f(r\tau).$$

Folglich ist:

$$\vartheta = \sum_{r=1}^{r=\infty} (Z\tau + x_r) f(r\tau) \qquad (4)$$

und

$$\left.\begin{aligned}\vartheta^2 = \sum_{r=1}^{r=\infty}\sum_{s=1}^{s=\infty} (Z^2\tau^2 + (x_r + x_s)\cdot\tau + \\ + x_r \cdot x_s) f(r\tau) f(s\tau),\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

wo das doppelte Summenzeichen angibt, daß die Summe der Ausdrücke über alle Werte von s zu bilden und dann diese Summe über alle Werte von r zu summieren ist, wobei die Grenzen für r und für s dieselben sind.

Es werde nun eine große Anzahl (N) von Beobachtungen des Wertes für ϑ^2 zu verschiedenen Zeiten gemacht (und zwar sollen diese Zeiten alle der Bedingung genügen, daß sie vom Eintritt des ersten Ereignisses unendlich weit entfernt sind); die Summe dieser Beobachtungen werde bezeichnet durch

$$\left.\begin{aligned}S_N\,\vartheta^2 = S_N \sum_{r=1}^{r=\infty}\sum_{s=1}^{s=\infty} (Z^2\tau^2 + (x_r + x_s) Z\tau + \\ + x_r\, x_s) f(r\tau) f(s\tau).\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Die Anzahl der Glieder in diesem Ausdruck ist endlich, denn es wird nicht wirklich notwendig sein, eine unendliche Anzahl von Perioden τ zu nehmen; man wird vielmehr nur eine so große Anzahl nehmen müssen, daß der Wert von $f(r\tau)$ für die entfernteste dieser Perioden durch Messung unmöglich von null zu unterscheiden ist. Die Summe der Glieder in dem Ausdruck wird also unabhängig von der Reihenfolge der Summierung sein. Wir wollen nun zunächst die Summation vornehmen, die durch S_N bezeichnet wird, und dabei r und s konstant lassen, d. h. wir wollen die Effekte aller jener Ereignisse in unendlich vielen verschiedenen Perioden addieren, welche in denselben Abständen von den Beobachtungsaugenblicken eintreten. Die Summe, die sich für einen einzelnen Wert von r und einen einzelnen Wert von s ergibt, ist:

$f(r\tau) f(s\tau) \{NZ^2\tau^2 + S_N(x_r + x_s)\cdot Z\tau + S_N x_r x_s\}$.

Nun ist die Summe über eine große Anzahl von Werten von x dieselbe, einerlei, auf welche Perioden sich diese Werte beziehen, solange wir sie willkürlich wählen. Wir nehmen an, daß die Augenblicke, in denen ϑ beobachtet wird, ohne Rücksicht auf den Wert gewählt werden, den ϑ in dem Augenblicke haben mag, und daß somit die $r$te und die $s$te Periode vor dem Augenblick der Beobachtung willkürlich gewählt sind. Folglich ist

$$S_N(x_r, x_s, x_r x_s) = N(\overline{x_r}, \overline{x_s}, \overline{x_r x_s}). \qquad (7)$$

Wenn r und s verschieden sind, so sind x_r und x_s voneinander unabhängig, so daß

$$\overline{x_r x_s} = \overline{x_r}\cdot\overline{x_s}$$

ist. Ferner ist

$$\overline{x_r} = \overline{x_s} = 0$$

und

$$\overline{x_r x_s} = 0,$$

außer für den Fall, daß

$$r = s$$

ist, wo es dann den Wert

$$\overline{x_r^2} = \overline{x_0^2}\,\tau$$

hat. Mithin reduzieren sich die Glieder in der Klammer auf

$$NZ^2\tau^2 + N\overline{x_0^2}\,\tau,$$

einen Ausdruck, der von r und s unabhängig ist.

Wir müssen nun die Summation von $f(r\tau)$ $f(s\tau)$ über alle Werte von r und s ausführen. Wenn die Größe mit $x_r x_s$ multipliziert wird, so reduziert sich die doppelte Summation auf eine einzige, denn das Glied ist null, außer für den Fall, daß

$$r = s$$

ist. Wir erhalten somit

$$\left.\begin{aligned}S_N\,\vartheta^2 = N\cdot\overline{\vartheta^2} = \\ = N\Big(Z^2\tau^2 \sum_{r=1}^{r=\infty}\sum_{s=1}^{s=\infty} f(r\tau) f(s\tau) + \\ + \overline{x_0^2}\,\tau \sum_{r=1}^{r=\infty} f^2(r\tau)\Big).\end{aligned}\right\} \qquad (8)$$

Da wir während des ganzen Gedankenganges angenommen haben, daß keine der vorkommenden Größen unendlich groß oder unendlich klein ist, so ist es mathematisch nicht zulässig, die Summen durch Integrale zu ersetzen. Für physikalische Zwecke aber ist ein Integral nie etwas anderes, als die Annäherung an eine endliche Summe, und es wird für die Deutung der Messungen keinen Fehler herbeiführen, wenn wir τ durch das Differential dt und die Summenzeichen $\sum_{r=1}^{r=\infty}$ und $\sum_{s=1}^{s=\infty}$ durch das Integralzeichen $\int_0^\infty$ ersetzen. Es wird also:

$$\left.\begin{aligned}\overline{\vartheta^2} = Z^2 \int_0^\infty f(t)\,dt \Big(\int_0^\infty f(t)\,dt\Big) + \overline{x_0^2} \int_0^\infty f^2(t)\,dt = \\ = \Big[Z\int_0^\infty f(t)\,dt\Big]^2 + \overline{x_0^2}\int_0^\infty f^2(t)\,dt.\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

4. Wenn wir wiederum von der Gleichung (4) ausgehen, so können wir auf dieselbe Weise den Wert von ϑ, also das arithmetische Mittel der Ausschläge, finden. Wie zu erwarten ist, ist

$$\overline{\vartheta} = Z \int_0^\infty f(t)\,dt. \qquad (10)$$

Nun ist aber

$$\overline{\vartheta'^2} = \overline{\vartheta^2} - (\overline{\vartheta})^2.$$

Demnach ist

$$\overline{\vartheta'^2} = \overline{x_0^2} \cdot \int_0^\infty f^2(t)\,dt. \qquad (11)$$

Die Gleichung (11) stellt die Lösung des Problems dar, denn $\int_0^\infty f^2(t)\,dt$ ist offenbar von der Form $S^2 t_0$.

5. Es ist von Interesse, den Wert des Integrals für das Instrument zu berechnen, das bei allen Versuchen über den Gegenstand benutzt wurde. Die bisher untersuchten „Ereignisse" waren die Ankunft von Elektronenladungen (ε) an einer Elektrode (von der Gesamtkapazität C), die mit dem einen Quadranten eines Elektrometers verbunden ist. Der andere Quadrant ist geerdet, und die beiden Quadranten sind durch einen hohen Widerstand R verbunden. Das „erste Ereignis" im Sinne des Abschnittes **3** tritt dann ein, wenn der Widerstand zwischen den Quadranten von o auf R verändert wird. Wenn s der Ausschlag des Elektrometers für die Einheit der Potentialdifferenz zwischen den Quadranten ist, und wenn wir die Änderung von s und von C beim Ausschlag vernachlässigen, so läßt sich leicht nachweisen, daß

$$f(t) = \frac{\varepsilon s}{C} \cdot \frac{a^2+b^2}{(p-a)^2+b^2} \left\{ \begin{aligned} & e^{-at}\left(\frac{p-a}{b}\sin bt - \right. \\ & \left. - \cos bt\right) + e^{-pt} \end{aligned} \right\} \qquad (12)$$

ist, wo $\frac{2\pi}{b}$ die Schwingungsperiode der Nadel, a das „logarithmische Dekrement" der Nadelschwingung, und $p = \frac{1}{RC}$ ist. Das letzte Glied stellt den Ladungsabfall an der Elektrode infolge der Leitung zwischen den Klemmen dar. Die Größe S der Gleichung (3) ist $\frac{\varepsilon s}{C}$.

Dann ist

$$\int_0^\infty f^2(t)\,dt = \frac{\varepsilon^2 s^2}{C^2} \cdot \frac{(a^2+b^2)(p+2a)}{4ap((p+a)^2+b^2)}. \qquad (13)$$

Der zweite Faktor hat im Einklang mit Gleichung (3) die Dimension einer Zeit.

Es ist zu beachten, daß, wenn a groß gegenüber p ist, d. h. wenn die Schwingungen der Nadel viel schneller abnehmen als die Ladung auf der Elektrode, daß dann die Werte von a und b keinen Einfluß auf t_0 haben, und Gleichung (13) sich auf

$$\int_0^\infty f^2(t)\,dt = \frac{\varepsilon^2 s^2}{C^2} \cdot \frac{1}{2p} = \frac{\varepsilon^2 s^2}{2} \frac{R}{C} \qquad (14)$$

reduziert. Zu dieser Schlußfolgerung würde man von vornherein gelangen, wenn man ein ideales Elektrometer betrachtete, das keine Trägheit hätte und seine Gleichgewichtslage augenblicklich annähme.

6. Das zweite zu erörternde Problem besteht darin, den Wert von $\overline{x_0^2}$ für eine Klasse besonderer Ereignisse zu finden.

In seiner ersten Untersuchung[1]) hat Schweidler gezeigt, daß, wenn die Ereignisse in der Emission von Strahlen seitens einer radioaktiven Substanz bestehen,

$$\overline{x_0^2} = Z \qquad (15)$$

ist. Aber kein Instrument vermag die Emission eines Strahles direkt nachzuweisen; es vermag sie nur durch die Ionisation, die Szintillation, oder einen ähnlichen von ihr hervorgerufenen Effekt nachzuweisen. Es ist möglich, daß nicht jeder einzelne Strahl genau denselben Effekt hervorruft, daß vielmehr der von einem einzelnen Strahl hervorgerufene Effekt um einen Mittelwert herum schwankt. Wir müssen die Beziehung zwischen den schließlich beobachteten Schwankungen des Effekts einerseits und jenen der Emission der Strahlen und der zwischen der Emission der Strahlen und der Hervorbringung des Effektes verlaufenden Vorgänge andererseits untersuchen. Der Kürze halber wollen wir unsere Nomenklatur nur dem einzigen bisher untersuchten Falle anpassen und wollen die endlichen Systeme, welche den beobachteten Effekt direkt hervorbringen, als Ionen, und irgendwelche Übergangssysteme zwischen den Strahlen und den Ionen als Sekundärstrahlen, Tertiärstrahlen, ... bezeichnen. Die Untersuchung läßt sich aber auf jede beliebige Erscheinung anwenden, bei welcher mehrere Übergangsstufen zwischen den ursprünglichen Ereignissen und den beobachteten Effekten vorhanden sind.

Wir nehmen also nunmehr an, daß jeder Strahl durchschnittlich a Sekundärstrahlen hervorbringt, und daß die Abweichung der in irgendeinem bestimmten Augenblick hervorgebrachten Sekundärstrahlen vom Durchschnitt a beträgt. Jeder Sekundärstrahl möge durchschnittlich b Tertiärstrahlen hervorbringen, und die Abweichung von diesem Durchschnitt in irgendeinem bestimmten Augenblick möge β sein. So möge es weiter gehen, bis die letzten Strahlen durchschnittlich c Ionen hervorbringen, wobei

1) E. v. Schweidler, Congrès Intern., Liège 1905.

die Abweichung γ sei. Dann ist die von der Ionisation herrührende Stromstärke durchschnittlich

$$i = \varepsilon \cdot Z a b \ldots c . \qquad (16)$$

Ist y die Abweichung der Anzahl der Ionen, die seitens der in einer Zeit τ emittierten Primärstrahlen hervorgerufen werden, von der durchschnittlichen Anzahl derer, die von den in dieser Zeit emittierten Strahlen hervorgerufen werden, so ist

$$y^2 = \{(Z\tau + x)(a+\alpha)(b+\beta)\ldots(c+\gamma) - Z\tau a b \ldots c\}^2 . \qquad (17)$$

Nun sind $\bar{x}$, $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$, $\bar{\gamma}$ sämtlich null, und wenn wir annehmen[1]), daß x, α, β, γ voneinander unabhängig sind, so daß $\overline{x\alpha} = \bar{x} \cdot \bar{\alpha}$ usw. ist, so werden alle die Glieder auf der rechten Seite der Gleichung (17), welche die erste Potenz einer oder mehrerer der Größen x, α, β, γ enthalten, verschwinden, wenn wir das Mittel nehmen. Da wir weiter nach Abschnitt **3** τ schließlich als unendlich klein nehmen müssen, und

$$\overline{x^2} = Z\tau$$

ist, wo Z endlich ist, so können wir Glieder, die $Z^2\tau^2$ enthalten, gegenüber denen, die $\overline{x^2}$ enthalten, vernachlässigen. Folglich ist:

$$\bar{y}^2 = \overline{x^2}\,(a^2 + \bar{\alpha}^2)(b^2 + \bar{\beta}^2)\ldots(c^2 + \bar{\gamma}^2) \qquad (18)$$

und

$$\bar{y}_0^2 = Z\,(a^2 + \bar{\alpha}^2)(b^2 + \bar{\beta}^2)\ldots(c^2 + \bar{\gamma}^2) . \qquad (19)$$

7. In zwei für unsere weitere Diskussion wichtigen Fällen lassen sich $\bar{\alpha}^2$, $\bar{\beta}^2$, $\bar{\gamma}^2$, ... leicht berechnen.

I. Angenommen, ein „n-Strahl“[2]) erzeuge einen $(n+1)$-Strahl, und ein „Endstrahl“[3]) erzeuge ein Ion, so oft sie durch ein Atom, oder durch ein Atom in irgendwelcher „prädisponierten“ Verfassung, hindurchgehen; angenommen weiter, diese Atome seien willkürlich in dem Raume verteilt, durch den die Strahlen hindurchgehen. Dann ist, wie Schweidler[4]) gezeigt hat,

$$\left.\begin{aligned} \bar{\alpha}^2 &= a , \\ \bar{\beta}^2 &= b , \\ &\text{usf.} \end{aligned}\right\} \qquad (20)$$

II. Angenommen, jeder n-Strahl könne einen und nur einen $(n+1)$-Strahl hervorrufen. Dann sind a, b usf. die Chancen dafür, daß ein solcher Strahl einen anderen Strahl hervorrufen wird, und $1-a$, $1-b$ usf. die Chancen dafür, daß er es nicht tun wird. In diesem Falle sagt ein bekannter Satz der Wahrscheinlichkeitslehre aus, daß

$$\left.\begin{aligned} \bar{\alpha}^2 &= (1-a)\,a , \\ \bar{\beta}^2 &= (1-b)\,b , \\ &\ldots\ldots \end{aligned}\right\}$$

oder

$$\left.\begin{aligned} a^2 + \bar{\alpha}^2 &= a , \\ b^2 + \bar{\beta}^2 &= b , \\ &\ldots\ldots \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

ist.

8. Wir wollen nun dazu übergehen, die Versuche von Meyer[1]) vom Standpunkte der gewonnenen Schlüsse aus zu erörtern. Zunächst wollen wir die Beziehung zwischen $\bar{y}_0^2$ und i entsprechend den verschiedenen in Betracht zu ziehenden Theorien untersuchen. Durch die Untersuchung darüber, nach welcher dieser Theorien, falls überhaupt nach einer von ihnen, diese Beziehung mit der experimentell gefundenen übereinstimmt, werden wir entscheiden, was durch seine Arbeit als erwiesen anzusehen ist, angenommen, daß er $\bar{y}_0^2$ aus der beobachteten Größe ϑ'^2 richtig abgeleitet hat. Zweitens werden wir dann untersuchen, wie weit seine Ableitung des $\bar{y}_0^2$ aus ϑ'^2 richtig ist.

9. Meyer hat die Beziehung zwischen $\bar{y}_0^2$ und i untersucht, einmal, indem er i durch Änderung des Raumwinkels des in die Ionisierungskammer eintretenden γ-Strahlenbündels veränderte; zweitens, indem er i durch Veränderung der Wandung der Kammer und des in ihr enthaltenen Gases veränderte. Der Kürze halber wollen wir die Änderungen von i der ersteren Art mit U, die der letzteren Art mit V bezeichnen.

Die folgenden Theorien müssen wir in Betracht ziehen, um zu entscheiden, was die Ergebnisse beweisen.

Zunächst sind es zwei Theorien über die Natur der γ-Strahlen. Nach der einen Theorie (A), der „Korpuskulartheorie“, besteht U in Änderungen von Z, während V in Änderungen des Produktes $a b \ldots c$ besteht. Nach der zweiten Theorie (B), der „Impulstheorie“, bestehen sowohl U als auch V in Änderungen des Produktes $a b \ldots c$.

Zweitens handelt es sich um Theorien über die Natur des Produktes $a b \ldots c$. Eine dieser Theorien (C) behauptet, daß die Ionen unmittelbar durch die Einwirkung der Strahlen auf gewisse „prädisponierte“ Moleküle, die willkürlich in dem Gase verteilt sind, hervorgebracht werden. Änderungen von $a b \ldots c$ sind darnach einfach Änderungen von a, denn es gibt keine Systeme, die b, c usw. entsprechen. Da man weiter nach dieser Theorie den Wert von

1) Diese Annahme ist zu beachten, denn es gibt Fälle, in denen sie nicht gültig sein würde.

2) „n-Strahl“ = Strahl $n$ter Ordnung, z. B. Primärstrahl, Sekundärstrahl usw. als Strahl erster, zweiter usw. Ordnung.

3) „Endstrahl“ = Strahl letzter Ordnung.

4) E. v. Schweidler, diese Zeitschr. **11**, 614, 1910.

1) Edgar Meyer, Berl. Ber. 1910, 647.

Z einigermaßen schätzen kann, so läßt sich dartun, daß in einem Apparat, wie ihn Meyer benutzt hat, der Wert von a nicht kleiner als 10 ist. Mithin kann man mit der Genauigkeit, die sich bei dieser Untersuchung erreichen läßt, a gegenüber a^2 vernachlässigen.

Eine andere Theorie (D) behauptet, daß die Ionen nicht unmittelbar durch die γ-Strahlen hervorgerufen werden, daß vielmehr die γ-Strahlen sekundäre β-Strahlen und diese ihrerseits Ionen hervorrufen. Es ist sicher festgestellt[1]), daß in der Ionisierungskammer, wie sie Meyer benutzt hat, ein beträchtlicher Teil der Ionisierung von sekundärer Strahlung seitens der Wandungen herrührt (schon die einfache Tatsache, daß Meyer gefunden hat, daß sich die Ionisation in seiner Kammer mit dem Material der Wandungen änderte, genügt, um dies zu beweisen), aber Bragg[2]) behauptet, daß die gesamte Ionisation von Sekundärstrahlen herrührt, die in dem Gase oder an den Wänden erregt werden. Den Beweis für diese Ansicht leitet er von Versuchen her[3]), durch die erwiesen wird, daß feste Körper unter der Einwirkung von γ- und Röntgenstrahlen Sekundärstrahlen aussenden, deren Eigenschaften nur von der Qualität der Primärstrahlen abhängen und nicht von der Intensität dieser Strahlen oder von dem Material, auf das sie einwirken. Aus dieser Unabhängigkeit wird gefolgert, daß die Größe b, die Anzahl der von einem Sekundärstrahl hervorgebrachten Ionen, sich nicht verändern wird, sofern nicht das Gas, in welchem die Ionen erzeugt werden, verändert wird. Nach dieser Theorie ist somit

$$i = ab,$$

und bei U ist das, was sich ändert, a, und nicht b [wenn man die Theorie (A) mit der Theorie (D) kombiniert, so ändert sich natürlich bei (U) weder a noch b]; bei V dagegen ändert sich a, wenn das Gas dasselbe bleibt, während sich b, und vielleicht auch a, ändert, wenn man das Gas ändert.

Es ist weiter dargetan worden[4]), daß die Geschwindigkeit der durch Röntgenstrahlen erregten sekundären β-Strahlen sehr nahezu die der Kathodenstrahlen in der Röhre ist, aus der die primären Röntgenstrahlen hervorgehen. Da nach jeder Theorie der Röntgenstrahlen ein Kathodenstrahl einen Röntgenstrahl erzeugt, so ist es klar, daß, wenn die Energie der sekundären β-Strahlen aus dem Primärstrahle stammt, daß dann ein Primärstrahl nicht mehr als einen Sekundärstrahl erregen kann. (Für den Fall der γ-Strahlen liegt kein direkter Beweis vor, aber die Anhänger der Theorie (D) sind der Ansicht, daß alle die Sätze, die für Röntgenstrahlen bewiesen sind, auch für γ-Strahlen gelten.) Sonach nehmen wir die Annahme II des Abschnittes **7** an und erhalten:

$$\bar{a}^2 = a(1-a),$$

oder:

$$a^2 + \bar{a}^2 = a.$$

Eine dritte Theorie (E), die zeitweise beträchtliche Unterstützung gefunden hat[1]), nimmt an, daß die Energie der Sekundärstrahlen nicht aus jener der Primärstrahlen stammt, sondern aus den Atomen, über welche die letzteren hinweggehen. In diesem Falle ist die Beziehung zwischen $\overline{v_0}^2$ und i dieselbe, wie nach der Theorie (D), nur daß hier die Annahme I des Abschnitts **7** zugrunde gelegt wird. Somit ist:

$$\bar{a}^2 = a.$$

Da der einzige Zweck dieser Theorie darin besteht, zu erklären, wieso ein einziger Primärstrahl eine große Anzahl von Sekundärstrahlen erzeugen kann, werden wir nur den Fall betrachten, in dem a nicht klein gegen 1 ist, so daß wir mit der erforderlichen Genauigkeit erhalten:

$$a^2 + \bar{a}^2 = a^2.$$

10. Ehe wir diese Ergebnisse mit den Beobachtungen von Meyer vergleichen, müssen wir bemerken, daß wir bei der Behandlung der Theorien (D) und (E) eine Komplikation beiseite gelassen haben, um das Hauptargument nicht zu verdunkeln.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, als müßte das, was sich ändert, nach Theorie (D) immer b sein, und nicht a. Man könnte nämlich sagen, der Primärstrahl muß immer einen, und nur einen Sekundärstrahl erzeugen; das einzige, was verschieden sein kann, ist die Stelle, wo dieser erzeugt wird; wenn er weit von dem Gase in der Kammer entfernt erzeugt wird, so wird er eine geringere Ionisation hervorrufen, als wenn er nahe bei ihm erzeugt wird. Der Effekt des Abschirmens besteht nur darin, die

1) Siehe Kleeman, Proc. Roy. Soc. (A) **82**, 358, 1909; W. Wilson, Phil. Mag. (6) **17**, 216, 1909; Kaye u. Laby, Phil. Mag. (6) **15**, 879, 1908.

2) Bragg, Rep. Austral. Assoc. 1909. — Herr Professor Bragg, dem ich für seine vielfache Hilfe bei diesem Teil der Arbeit zu Dank verpflichtet bin, ermächtigt mich, mitzuteilen, daß eine ausführlichere Darlegung seiner Anschauungen demnächst im Phil. Mag. erscheinen wird.

3) Bragg u. Madsen, Phil. Mag. (6) **16**, 918, 1908. — Für Röntgenstrahlen, die in allen Eigenschaften dieser Art den γ-Strahlen ähnlich sind, haben u. a. Sadler (Phil. Mag. (6) **19**, 337, 1910) und Beatty (Proc. Cambr. Phil. Soc. **15**, 416, 1910) ähnliche Ergebnisse erhalten.

4) Dorn, Arch. Néerl. 1900, 595; Cooksey, Sill. Journ. (4) **24**, 284, 1907; Innes, Proc. Roy. Soc. (A) **79**, 442, 1907.

1) Siehe W. Wien, Ann. d. Phys. (4) **18**, 991, 1905; Innes, Proc. Roy. Soc. (A) **79**, 442, 1907.

durchschnittliche Zahl der seitens der Sekundärstrahlen erzeugten Ionen zu ändern.

Wir wollen die Sache ein wenig näher untersuchen. Ein Primärstrahl erzeugt Sekundärstrahlen, die zwar dieselbe Geschwindigkeit, aber verschiedenes Ionisierungsvermögen haben. Angenommen, der ganze Raum um die Strahlungsquelle sei in solche Gebiete (in unserem Falle Kugelschalen) geteilt, daß die in irgendeinem Gebiete erregten Sekundärstrahlen dasselbe Ionisierungsvermögen haben. Sind a_r, α_r, b_r, β_r die Größen, die den a, α, b, β im $r$ten Gebiete entsprechen, so haben wir:

$$i = Z \Sigma a_r b_r \qquad (22)$$

und

$$y_0^2 \cdot \tau = \{(Z\tau + x)\Sigma(a_r + \alpha_r)(b_r + \beta_r) - Z\tau \Sigma a_r b_r\}^2. \qquad (23)$$

Wenn bei U der Raumwinkel des Strahlenbündels von ω_1 in ω_2 geändert wird, so besteht die Wirkung darin, das Volumen V_r des $r$ten Gebietes in $\frac{\omega_2}{\omega_1} V_r$ zu verwandeln; der Rest des Gebietes wird dem Gebiete hinzugefügt, für welches $b = 0$ ist. Die Wirkung des Abblendens besteht also darin, die Anzahl der aus jedem Gebiete, für welches b endlich ist, kommenden Sekundärstrahlen im Verhältnis $\frac{\omega_2}{\omega_1}$ zu verringern und die Anzahl derer zu vergrößern, die aus einem Gebiete kommen, in dem b null ist. Da das letztgenannte Gebiet keinen physikalischen Effekt hat, so besteht der Effekt des Abschirmens einfach darin, jede der Größen a_r im Verhältnis $\frac{\omega_2}{\omega_1}$ zu vermindern.

Der Wert der rechten Seite der Gleichung (23) läßt sich nach den Methoden des Abschnittes **3** ermitteln. Es ist aber daran zu erinnern, daß die von den verschiedenen Gebieten herrührenden Schwankungen nicht voneinander unabhängig sind. Zunächst können Gebiete Sekundärstrahlen nur dann aussenden, wenn die Primärstrahlen durch sie hindurchgehen, und der Augenblick des Durchgangs ist für alle Gebiete derselbe, wenn wir die Geschwindigkeit der Primärstrahlen als unendlich annehmen. Zweitens sind nach Theorie (D) die Größen a_r und α_r nicht voneinander unabhängig; wenn nämlich ein Strahl einen Sekundärstrahl aus einem Gebiet aussendet, so kann er aus keinem andern Gebiet einen solchen aussenden. Es wird sich aber ergeben, daß tatsächlich, wenn r und s verschieden sind, $\alpha_r \alpha_s$ gegenüber α_r^2 unendlich klein ist.

Es scheint, daß, wenn $a\,dS$, $\alpha_0^2\,dS$, b, β die Werte von a, $\overline{a^2}$, b, β in irgendeinem Gebiete von dem Volumen dS sind, daß dann

$$y_0^2 = Z\,\{(\overline{ab})^2 + \int_S [b^2\,\overline{\alpha_0^2} + \beta^2\,(a^2 + \overline{\alpha_0^2})]\,dS\}, \qquad (24)$$

ist, wo das Integral über den ganzen die Strahlungsquelle umgebenden Raum zu erstrecken ist. Es scheint auch, daß, wenn wir die Annahme I des Abschnitts **7** zugrunde legen, und wenn a groß gegen 1 ist, daß dann die Gleichung (24) übergeht in

$$\overline{y_0^2} = Z\,\{(\overline{ab})^2 + \int_S a^2\,\overline{\beta^2}\,dS\}, \qquad (24')$$

während sie bei Zugrundelegung der Annahme II übergeht in

$$\overline{y_0^2} = Z \int_S a\,(b^2 + \beta^2)\,dS. \qquad (24'')$$

Soweit U in Frage kommt, ist durch die im vorigen Abschnitt angenommene Vereinfachung kein Fehler entstanden.

11. Die nachstehende Tabelle faßt die Ergebnisse unserer Diskussion zusammen. Die erste Spalte enthält das jeweils betrachtete Theorienpaar, die zweite den passenden Wert von $\overline{y_0^2}$, die dritte die Funktion von i, die bei U proportional $\overline{y_0^2}$ ist, die vierte die Funktion von i, die bei V proportional $\overline{y_0^2}$ ist. Es ist zu bemerken, daß, in Übereinstimmung mit den Berechnungen von Schweidler[1]) angenommen ist, daß b^2 nach allen Theorien groß gegenüber b ist. In der zweiten Spalte habe ich die einfache Form des neunten Abschnitts an Stelle der genaueren, aber komplizierteren Gleichung (24) benutzt. Das Ergebnis in der dritten Spalte würde durch die Anwendung der Gleichung (24) zwar nicht verändert werden, aber wohl das in der vierten Spalte. Hinsichtlich dieser Spalte herrscht aber bereits große Unsicherheit, denn bei V änderten sich a und b unabhängig voneinander, und wir kennen nur das Produkt ab. Sofern daher nicht $\overline{y_0^2}$ eine Funktion von ab ist, können wir nicht aussagen, wie sich $\overline{y_0^2}$ mit i ändern wird.

Theorie	$\overline{y_0^2}$	bei U $\overline{y_0^2} \sim$	bei V $\overline{y_0^2} \sim$	
AC	Za^2	i	i^2	o
AD	Zab^2	i	?	?
AE	Za^2b^2	i	i^2	+
BC	$Z\alpha^2$	i^2	i^2	o
BD	Zab^2	i	?	?
BE	Za^2b^2	i^2	i^2	o

Das Ergebnis von Meyer[2]) lautet:

$$\overline{y_0^2} \sim i \text{ bei } U,$$
$$\overline{y_0^2} \sim i^2 \text{ bei } V.$$

1) E. v. Schweidler, diese Zeitschr. **11**, 614, 1910. – 2) Meyers ε entspricht meinem $\sqrt{\overline{y_0^2}}$, und er diskutiert durchweg den Wert von ε, während ich den von $\overline{y_0^2}$ diskutiere.

In der fünften Spalte habe ich o bei den Theorien angesetzt, die sich mit diesen Ergebnissen nicht vertragen, + bei jenen, die vollkommen mit ihnen übereinstimmen, und ? bei denen, die wegen der den Veränderungen V anhaftenden Unsicherheit zweifelhaft sind.

Von den drei Theorien, die sich als endgültig unbrauchbar erwiesen haben, waren die beiden, an denen (C) beteiligt ist, bereits durch den Umstand ausgeschlossen, daß sich die Ionisation mit dem Material der Wandungen änderte. Die Verwerfung der dritten gründet sich auf die Beobachtung der Schwankungen. Wenn die Ergebnisse von Meyer richtig sind, so läßt sich die Theorie unmöglich länger aufrecht erhalten, nach welcher die γ-Strahlen „isotrope Impulse" sind, und daß die in den von ihnen erzeugten Sekundärstrahlen auftretende Energie viel größer ist als die der Strahlen selbst. Obschon man in letzter Zeit diese Theorie nicht mit sehr günstigen Blicken angesehen hat, ist doch ihre endgültige Widerlegung von äußerster Wichtigkeit.

Andererseits ist die einzige Theorie, die mit den Ergebnissen vollkommen übereinstimmt, die, welche behauptet, daß die Strahlen „anisotrop" sind, daß aber die Ionisationsenergie nicht aus den Strahlen stammt. Es ist aber nicht wahrscheinlich, daß irgend jemand an einer solchen Theorie ernstlich festhalten wird, denn sie scheint in sich sämtliche Schwierigkeiten der übrigen zu vereinigen und alle ihre Vorzüge auszuschließen.

Die beiden anderen Theorien — daß der größte Teil der Ionisation von Sekundärstrahlen bewirkt wird, daß die Energie aus den Primärstrahlen stammt, und daß diese Strahlen entweder isotrop oder anisotrop sind — diese Theorien sind nicht notgedrungen mit den Beobachtungen unverträglich. Wenn aber eine von ihnen richtig ist, dann muß die einfache Beziehung, die Meyer bei V zwischen $\bar{y}_0^2$ und i gefunden hat, eine zufällige sein. Weitere Beobachtungen über die Wirkung einer Veränderung des Gases in der Kammer und des Materials der Kammerwandungen, ferner quantitative Messungen des absoluten Wertes der Schwankungen, wie sie Schweidler angeregt hat, dürften zeigen, ob diese Theorien haltbar sind. Ich habe bereits derartige Beobachtungen an homogenen Röntgenstrahlen, die in mancher Hinsicht leichter zu behandeln zu sein scheinen, in Angriff genommen. Es ist aber wichtig, zu bemerken, daß unsere Erörterung ergeben hat, daß, falls die Theorie (D) richtig ist, keine derartigen Beobachtungen imstande sind, die von Meyer gewünschte Unterscheidung zwischen den Theorien (A) und (B) herbeizuführen. Diese Schlußfolgerung hat bereits Schweidler betont, und sie liegt aus allgemeinen Gründen auf der Hand. Wenn die Ionisation von Sekundärstrahlen bewirkt wird, und wenn von jedem Primärstrahl ein, und nur ein, Sekundärstrahl gebildet wird, dann kann uns anscheinend kein Versuch über die Eigenschaften der Sekundärstrahlen irgendwelchen Aufschluß über den Mechanismus im einzelnen geben, nach dem die Sekundärstrahlen erzeugt werden.

12. Ich muß nun ein paar Bemerkungen über den anderen Punkt machen, in dem mir die Schlüsse von Meyer nicht ganz befriedigend erscheinen, nämlich über die Ableitung des Wertes von ε ($\sqrt{\bar{y}_0^2}$ nach meiner Bezeichnungsweise) aus den beobachteten Werten von ϑ'^2.

Meyer führt einen Korrektionsfaktor Δi ein. Das ist die Ablenkung, den ein durch den Widerstand zwischen den Quadranten fließender Ruhestrom von konstanter Größe hervorruft. Δi ist daher proportional R (s. Abschnitt **3**). Meyer nimmt an, daß die Beziehung zwischen ε und $\sqrt{\vartheta'^2}$ von der Form

$$\sqrt{\vartheta'^2} \sim \varepsilon \Delta i \qquad (25)$$

ist; dagegen zeigen die Gleichungen (11) und (14), daß die Beziehung

$$\sqrt{\vartheta'^2} \sim \varepsilon \sqrt{\Delta i} \qquad (26)$$

ist. Folglich ist nach der hier entwickelten Theorie die Größe, die mit dem berechneten Werte von $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$ verglichen werden muß, nicht $\frac{\varepsilon'_1}{\varepsilon_2}$, sondern $\frac{\varepsilon'_1}{\varepsilon_2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta i_1}{\Delta i_2}}$.

Die folgende Tabelle zeigt das Ergebnis der Anbringung dieser Korrektion:

	$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$ (ber.)	$\frac{\varepsilon'_1}{\varepsilon_2}$	$\frac{\varepsilon'_1}{\varepsilon_2} \cdot \sqrt{\frac{\Delta i_1}{\Delta i_2}}$
Tab. 1 $\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_{II}}\right)$	1,19	1,01	1,07
Tab. 2 $\left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_{III}}\right)$	1,23	1,28	1,35
Tab. 3 $\left(\frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_H}\right)$	1,38	1,44	1,58
Tab. 4 $\left(\frac{\varepsilon_H}{\varepsilon_G}\right)$	1,41	1,50	0,95
Tab. 5 $\left(\frac{\varepsilon_M}{\varepsilon_E}\right)$ red.	1,91	1,92	2,17

Der einzige Fall, in dem die Korrektion irgendwelche ernstliche Wirkung hat, ist jener der Tabelle 4. Nach meiner Theorie gedeutet, führen die Beobachtungen von Meyer zu dem

Ergebnisse, daß die Schwankungen zweier Quellen gemeinsam nicht größer sind als die einer Quelle. Ein solcher Schluß ist offenbar widersinnig, und somit muß entweder an den Beobachtungen von Meyer oder an meiner Theorie irgend etwas nicht richtig sein.

Meyer gibt keinen Grund dafür an, daß er an Stelle der Formel (26) die Formel (25) annimmt, und es erscheint mir sicher, daß, wenn ich ihn richtig verstanden habe, in seinen Rechnungen ein Fehler steckt. Er nimmt nämlich an, man brauche nicht auf die Zeitkonstanten des Elektrometers acht zu geben; in diesem Falle sind die einzigen instrumentellen Größen, die in die Rechnung eingehen können, s, C, R, ε[1]) (siehe Abschnitt **3**). Wenn wir als unabhängige Dimensionseinheiten die elektrische Ladung $[\varepsilon]$, den Ausschlag $[\vartheta]$, die Energie $[E]$ und die Zeit $[T]$ nehmen, so sind die Dimensionen dieser Größen:

$$\frac{[\vartheta][\varepsilon]}{[E]}, \quad \frac{[\varepsilon^2]}{[E]}, \quad \frac{[E][T]}{[\varepsilon]} \quad \text{und} \quad [\varepsilon].$$

Nun hat $\frac{\vartheta'^2}{y_0^2}$ die Dimensionen $[\vartheta^2][T]$, und es ist klar, daß R in die Kombination von s, C, R und ε, welche $\frac{\vartheta'^2}{y_0^2}$ darstellt, als R eingehen muß, und nicht als R^2. Dieser Schluß stimmt mit meiner Theorie, aber nicht mit der seinigen.

Zusammenfassung.

1.—5. Es wird eine Methode untersucht, nach der man die Größe der „Schweidlerschen Schwankungen" aus der Kenntnis der Eigenschaften eines Meßinstrumentes und dem beobachteten Werte der Schwankungen seiner Angaben herleiten kann. Das allgemeine Ergebnis wird durch die Gleichung (11) ausgedrückt, die Ergebnisse für Spezialfälle durch die Gleichungen (13) und (14).

6.—7. Der Zusammenhang zwischen den Schweidlerschen Schwankungen in der Anzahl der seitens einer radioaktiven Substanz emittierten Strahlen und den Schwankungen in der Anzahl der seitens dieser Strahlen hervorgebrachten Ionen wird für eine besondere Klasse von Theorien über die Vorgänge, durch welche die Ionisation seitens der Strahlen erzeugt wird, untersucht.

8—11. Die neueste Arbeit von Meyer wird im Lichte der in den Abschnitten **6—7** gewonnenen Schlußfolgerungen diskutiert. Es wird gezeigt, daß keine vernünftige Verbindung von Theorien über die Natur der Strahlen und den Mechanismus der Ionisation mit seinen Ergebnissen zweifelsfrei im Einklang steht. Seine Ergebnisse sind aber vereinbar mit einer Theorie, die annimmt, daß die Ionisation bei seinen Versuchen größtenteils von Sekundärstrahlen herrührte, die von den Primärstrahlen erregt worden sind, und daß die Ionisationstheorie aus jener der Primärstrahlen stammt. Wenn man diese Theorie annimmt, so vermag weder die Arbeit von Meyer noch sonst irgendeine Arbeit ähnlicher Art zwischen den beiden Theorien zu entscheiden, die er als „Korpuskulartheorie" und „Impulstheorie" bezeichnet.

Andererseits zeigen seine Ergebnisse, wenn sie richtig sind, daß eine Theorie unhaltbar ist, welche behauptet, daß die Strahlen „impulsiv" sind, daß aber die Ionisationsenergie nicht aus den Strahlen stammt.

12. Es wird gezeigt, daß die ganze Erörterung in den Abschnitten **8—11** etwas zweifelhaft wird durch den Umstand, daß eine offensichtliche Unstimmigkeit zwischen den Beobachtungen von Meyer und der in den Abschnitten **1—5** entwickelten Theorie besteht. Entweder müssen seine Beobachtungen falsch sein, oder diese Theorie. Es werden Gründe für die Annahme beigebracht, daß, mögen nun seine Beobachtungen richtig sein oder nicht, ein Fehler in der Art und Weise stecken muß, wie er sie deutet.

Leeds, Universität, im Juli 1910.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 6. August 1910.)

1) Hoffentlich entsteht keine Verwechselung zwischen der Verwendung von ε zur Bezeichnung einer Elektronenladung und der Verwendung des ε durch Meyer für $\sqrt{y_0^2}$.

Über die Charakteristiken des elektrischen Lichtbogens und des Glimmlichtes zwischen Kupferelektroden im partiellen Vakuum.

Von Aug. Hagenbach und H. Veillon.

Vor einiger Zeit hat der eine von uns — Hagenbach[1]) — die spektroskopischen Verhältnisse des Kupferbogens bei vermindertem Druck untersucht. Bei den Experimenten war immer ein Voltmeter so eingeschaltet, daß die Elektrodenspannung des Bogens abgelesen werden konnte. Dabei wurde die Beobachtung gemacht, daß das Voltmeter ohne Änderung des äußeren Widerstandes häufig zwischen gewissen Werten sprungweise spielte. Diese plötzlichen Änderungen und das Verhalten des Bogens dabei veranlaßte uns,

1) A. Hagenbach, diese Zeitschr. **10**, 649, 1909.

auch die elektrischen Verhältnisse des Kupferbogens im partiellen Vakuum genauer zu studieren.

Der Kupferbogen ist zwar schon häufig Gegenstand eingehender Untersuchung gewesen, aber es schien uns doch noch manches unaufgeklärt. Unsere Untersuchung bestand in der Aufnahme der Charakteristiken d. h. der Volt-Amperekurven (V, i-Kurven) und, da die dabei gefundenen Resultate uns zum Teil neu und interessant erschienen, so wollen wir in folgendem kurz darüber berichten.

Es dürfte am Platze sein, zuerst einige Angaben zu machen über Bemerkungen, die wir in der Literatur über den Gegenstand gefunden haben, soweit sie unsere Resultate berühren.

Charakteristiken des Kupferbogens.

Der Übergang des Bogens zur Glimmentladung ist Gegenstand einer Untersuchung O. Lehmanns[1]) gewesen. Dabei ließ er zwischen Kupferelektroden im partiellen Vakuum den Bogen übergehen. Er sagt in seiner Publikation an einer Stelle: „nicht immer endigt der Lichtbogen auf beiden Seiten in hellen Punkten und Metalldampfbüscheln, vielmehr kann er bei genügend ausgedehnten kalten Elektrodenoberflächen nur auf der einen (positiven oder negativen Seite) einen Metalldampfbüschel haben, auf der andern dagegen ausgedehntes Glimmlicht, welches nur das Gasspektrum zeigt." Ferner schreibt er: „Reicht die Wärmeentwicklung nicht mehr aus, um die zur Aufrechterhaltung des Metalldampfbüschels nötige Dampfmenge zu liefern, so muß die Bogenentladung unter Ansteigen der Spannung in Gasentladung übergehen". Hier gibt also Lehmann schon an, daß eine Entladungsform möglich ist zwischen dem reinen Bogen und dem eigentlichen Glimmlicht.

Weitere für uns wichtige Bemerkungen finden sich bei Arons[2]), der den Metallbogen mit einer ganzen Reihe von Metallen brannte und dabei die (V, i) Kurven festzustellen suchte. Der Bogen wurde eingeschlossen in einer Atmosphäre von Stickstoff, Luft oder Wasserstoff, der Druck variiert zwischen 760 und 1 mm. Arons gibt an, daß es ihm nicht möglich gewesen sei, die Volt-Amperekurven aufzunehmen infolge der Inkonstanz. Er steht auf dem Standpunkte, daß chemische Beziehungen der Atmosphäre (besonders des Stickstoffs) eine große Rolle spielen bei dem Zustandekommen des Bogens. Über das Aussehen des Bogens sagt er z. B. folgendes: „Bei Zink bestand der Bogen bei Drucken kleiner wie ein Millimeter aus großer kugeliger beweglicher Flamme, pfirsichblutfarbig und im Innern aus einem blauen Kern." An einer andern Stelle heißt es: „Es überzieht sich die Anode bisweilen mit einer mattgelben Glimmlichthaut, bisweilen setzt die Entladung mit einem blutroten Fleck an." Von Magnesium schreibt er „der blaßblaue Bogen geht an der Anode in rosa über". Hier gibt er an, daß mit dieser Änderung auch eine solche der Elektrodenspannung Hand in Hand gehe. Ohne daß in den äußeren Bedingungen etwas verändert werde, findet er 14 Volt Klemmenspannung und 4,8 Ampere oder 28 Volt und 4,3 Ampere. Er gibt an, daß fast alle Metalle ähnliches zeigen zwischen 1 und 200 mm. Von Kupfer sagt er, daß bei niederem Druck der Bogen manchmal gelblichrosa statt grün sei, und daß dieser scheinbar willkürliche Wechsel Unsicherheit in die Beobachtung bringe. Die meisten Beobachtungen hat Arons mit 110 Volt Netzspannung ausgeführt, einige aber auch mit 680 Volt und erhielt damit auch die reine Glimmentladung. Ohne äußeren Grund lösten sich Glimmentladung (440 Volt) und Bogen (88 Volt) ab.

Wir sehen aus diesen Bemerkungen, daß Arons außer dem Glimmlicht mehr wie eine Entladungsform des Bogens gesehen hat, daß er aber nicht systematische zahlenmäßige Angaben darüber machen konnte.

In mancher Beziehung aufklärend sind die theoretischen Betrachtungen von W. Kaufmann[1]) und H. Th. Simon[2]) gewesen, und es ist darnach verständlich geworden, daß bei ein- und demselben äußeren Widerstande und einer gegebenen Netzspannung sowohl Bogen, wie auch reiner Glimmstrom möglich sind.

Im Anschluß an die genannten theoretischen Untersuchungen ist eine Arbeit von H. W. Malcolm[3]) zu nennen, der auf Veranlassung von Simon eine Reihe von Metallen und Kohle in Luft, Stickstoff, Wasserstoff und Wasserdampf als Elektroden bei sehr hoher Netzspannung (bis 5000 Volt) verwandte. Dabei gelang es, in Luft den Glimmstrom zwischen Metallen bei Atmosphärendruck herzustellen.

Für Kohle in Wasserstoff wurde eine Entladungsform gefunden, welche als Zwischenform zwischen Bogen und Glimmlicht bezeichnet wird, indem der an der Kathode gebildete Elektrodendampf noch nicht ausreicht, um den ganzen Lichtbogen auszufüllen, so daß an der Anode noch Glimmstrom besteht. Dieselbe Erscheinung wurde auch bei Metallen in Wasserstoff beob-

1) O. Lehmann, Wied. Ann. **55**, 361, 1895.
2) L. Arons, Ann. d. Phys. **1**, 700, 1900.

1) W. Kaufmann, Ann. d. Phys. **2**, 158, 1900.
2) H. Th. Simon, diese Zeitschr. **6**, 297, 1905.
3) H. W. Malcolm und H. Th. Simon, diese Zeitschr. **8**, 471, 1907.

achtet. Es wird hier also die schon von Lehmann angegebene Zwischenform, der Glimmbogen, wieder konstatiert. Die Haltbarkeit der Behauptung Lehmanns, daß der Glimmansatz sowohl an der positiven wie an der negativen Elektrode einsetzen könne, dürfte nach den jetzigen Kenntnissen als sehr zweifelhaft erscheinen.

Die Theorie des Bogens ist gleichzeitig von W. Mitkiewicz[1]), J. Stark[2]) und J. J. Thomson[3]) vom Elektronenstandpunkte gegeben worden, und darnach läßt sich verstehen, daß ein Mittelding zwischen Bogen und Glimmentladung bestehen kann, wobei an der Anode ein Glimmstrom ansetzt. Stark und Cassuto[4]) haben deutlich gezeigt, daß der Bogen gegen eine kalte Anode z. B. gegen einen Elektrolyten brennen kann, nicht aber gegen eine kalte Kathode.

Genauer verfolgt wurde der Glimmbogen zum erstenmal von W. G. Cady und H. D. Arnold[5]). Während die Untersuchung von Malcolm nur mit ganz geringen Stromstärken durchgeführt wurde, so benützen die genannten Forscher auch größere Stromstärken und nehmen die Charakteristiken für den Glimmbogen und den Bogen zwischen Metallelektroden auf. Sie bezeichnen den Glimmbogen als erstes und den gewöhnlichen Bogen als zweites Stadium und den Punkt, bei dem das erste in das zweite übergeht, als kritischen Punkt. Unter Atmosphärendruck kommt das erste Stadium nur bei ganz geringer Stromintensität (kleiner als ein Ampere) vor. Sie sprechen sich über den Glimmbogen zwischen Eisenelektroden folgendermaßen aus: „Der eigentliche Bogen hat dann am negativen Ende eine bläulichweiße Farbe, welche, je mehr man sich der Anode nähert, in ein Dunkelblau übergeht. An der Anode ist eine Schicht, die fast vollkommen dunkel zu sein scheint. Der Bogen ist von einem gelblichgrünen Mantel umgeben, welcher anscheinend von der Oxydation des Eisens im Bogen selbst herrührt." Bei partiellem Vakuum in Stickstoff konnte der kritische Punkt leichter beobachtet werden. Im ersten Stadium wurde ein mattes diffuses Glimmlicht auf der Anode konstatiert, im zweiten war der ganze Bogen leuchtend.

Die Charakteristik des Glimmbogens und des Bogens laufen ein Stück weit parallel, so daß also in diesem Gebiet bei einem gegebenen äußeren Widerstande beide Formen miteinander abwechseln können.

Auch Ch. Fabry und H. Buisson[1])bemerken, daß der Eisenbogen unter Umständen nur an der Kathode mit einem hellen Punkt ansetze, in welchem Falle die positive Flamme verschwinde und das Voltmeter eine Vergrößerung der Elektrodenspannung anzeige[2]).

M. Toepler[3]) stellt im Anschluß an eine Abhandlung von A. Grau und F. Ruß[4]) fest, „daß lange Bogen sich aus zwei Entladungsformen zusammensetzen: aus den dampferfüllten Gebieten an den Elektroden mit Bogenlichtcharakter und aus dem im wesentlichen dampffreien Gebiete fern von den Elektroden mit dem Charakter eines Büschellichtbogens."

Aus allen diesen zitierten Stellen geht hervor, daß bis jetzt zwischen zwei Metallelektroden außer dem eigentlichen Glimmlicht zwei Arten der Bogenentladung, der gewöhnliche und der Glimmbogen, konstatiert worden sind, von denen jeder eine besondere Charakteristik besitzt.

Außerdem ist für uns noch einiges interessant, was über den zischenden Lichtbogen bekannt ist.

Es scheint im allgemeinen die Ansicht zu herrschen, daß das Zischen des Kohlebogens mit einem Oxydationsvorgang der Kohle Hand in Hand gehe. Besonders Frau H. Ayrton[5]) und Lehmann[6]) haben diesen Standpunkt vertreten. Bei Metallelektroden ist der Zischzustand offenbar weniger ausgeprägt und wir haben wenig Angaben darüber gefunden. Cady und Arnold glaubten zuerst das Zischstadium mit dem Glimmbogen identifizieren zu müssen, haben es aber nachher widerrufen. W. Upson[7]) macht die bestimmte Bemerkung, daß im Eisenbogen während des Zischens die Elektrodenspannung sinke. Über das Zischstadium der Metallbogen scheint überhaupt wenig bestimmtes Beobachtungsmaterial vorzuliegen.

Methode der Untersuchung.

Die Untersuchung wurde ausschließlich mit Kupferelektroden durchgeführt. Da sich nämlich die Verhältnisse komplizierter gestalteten,

1) W. Mitkiewicz, Journ. Russ. Phys. Chem. 506 u. 675, 1903.
2) J. Stark, Ann. d. Phys. **12**, 673, 1903.
3) J. J. Thomson, Conduction of electricity through gases, 418.
4) J. Stark und L. Cassuto, diese Zeitschr. **5**, 264, 1904. Vgl. auch Rasch, diese Zeitschr. **6**, 438, 1905.
5) W. G. Cady und H. D. Arnold, diese Zeitschr. **8**, 890, 1907.

1) Ch. Fabry und H. Buisson, C. R. **148**, 751, 1908.
2) Irrtümlicherweise ist in der Abhandlung von A. Hagenbach (l. c.) behauptet worden, daß Buisson und Fabry am positiven Pol die Lichtstärke größer gefunden hätten; die Angabe von Buisson und Fabry stimmt im Gegenteil mit dem von Hagenbach gefundenen Resultat genau überein.
3) M. Toepler, diese Zeitschr. **9**, 372, 1908.
4) A. Grau und F. Ruß, diese Zeitschr. **9**, 107, 1908.
5) Mrs. H. Ayrton, The electric arc, London, 287 ff.
6) O. Lehmann, Wied. Ann. **55**, 361, 1895.
7) W. Upson, Phil. Mag. **14** (6), 126, 1907.

als man bis jetzt annahm, so schien es uns zweckmäßiger, zuerst die Erscheinungen bei einem Metall festzustellen und aufzuklären. Als Elektroden dienten runde Stäbe aus gewöhnlichem Kupfer von 10 mm Durchmesser. Die Elektroden zeigten nur geringe spektroskopische Verunreinigungen von Silber und Blei. Die Lampe befand sich in einem Kessel eingeschlossen[1]), während ihre Reguliervorrichtung durch Stopfbüchsen hindurch nach außen hervorragte. Vorn am Kessel[2]) war ein Ansatz mit einem Quarzplattenverschluß. Die Elektroden standen vertikal, die negative stets oben, weil es sich als günstiger erwies, die Erwärmung der Anode nicht zu begünstigen.

Die Größe des Bogens wurde mittels des projizierten Bildes bestimmt; dazu entwarfen wir mit einem photographischen Objektive ein Bild des Bogens auf einen entsprechend vergrößerten Maßstab, auf einem weißen Schirm aufgezeichnet, so daß die Länge jederzeit direkt in Millimetern abgelesen werden konnte.

Im Kessel befand sich zuerst gewöhnliche Luft, die mit einer maschinell betriebenen Pumpe auf den gewünschten Druck gebracht werden konnte. Die Luft wurde später durch Kohlensäure oder Stickstoff aus Bomben ersetzt. Als Elektrizitätsquelle diente das städtische Gleichstromnetz mit 220 oder 440 Volt. Mit Vorschaltwiderständen wurde die Stromstärke reguliert. Gemessen wurde die Stromstärke mit einem Siemensschen Präzisionsamperemeter, die Spannung mit einem Voltmeter der Land- und Seekabelwerke. Je nach der Elektrodenspannung kam ein solches mit einem Bereich von 0—75 oder 0—500 zur Verwendung. Bei letzterem war zwar die Ablesungsgenauigkeit geringer, aber bei raschen Änderungen die Pendelung der Nadel geringer und dadurch die Einstellung rascher, was sich als sehr vorteilhaft erwies. Das Voltmeter war direkt an den Stromeinführungsstellen im Kessel angeschlossen.

Wie wir später sehen werden, blieb der Bogen meistens nicht dauernd in einem Zustand, sondern die Entladungsformen wechselten oft rasch nacheinander ab, so daß für eine zu beobachtende Form nur ganz kurze Zeit zur Verfügung stand. Dadurch waren wir gezwungen, die Ausführung der Beobachtung zu organisieren. Im gleichen Moment mußten Elektrodenspannung, Bogenlänge, Entladungsart und Stromstärke ermittelt werden. Dies wurde auf drei Beobachter so verteilt, daß einer das Amperemeter, ein zweiter das Voltmeter auf ein vom dritten Beobachter gegebenes Zeichen ablasen. Der dritte regulierte nämlich den Bogen und betrachtete das auf den Maßstab projizierte Bild. War die gewünschte Bogenentladung vorhanden, so gab er das Zeichen zur Ablesung. Der Druck blieb konstant und konnte unmittelbar nachher am Manometer vom dritten Beobachter abgelesen werden.

Um die Charakteristiken zu erhalten, wurde meistens bei konstantem Druck der Vorschaltwiderstand so verändert, daß die Stromstärke in Intervallen von ungefähr einem Ampere variierte. Die Versuchsreihen wurden zuerst mit zunehmenden, sodann mit abnehmenden Stromstärken gemacht. Man durfte die Stromstärke nie über 10 Ampere steigern, weil sonst die Kathode schmolz und die Gestalt der Oberfläche sich änderte. Während einer Beobachtungsreihe kam es nur selten vor, daß der Bogen einmal erlosch. Das Entzünden des Bogens geschah durch Kontakt der Elektroden. Die meisten Charakteristiken sind bei 1 cm Bogenlänge aufgenommen.

Während die Mehrzahl der Beobachtungsreihen bei konstantem Druck und variabler Stromstärke durchgeführt wurden, so haben wir eine Reihe bei Konstanthalten der Stromstärke und Verändern des Druckes gemacht. Der Druck im Kessel betrug bei den Messungen: Atmosphärendruck, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 80, 40 und 20 mm. Die Druckmessungen geschahen an einem Barometer, welches mit seiner unteren Öffnung mit dem Kessel in Verbindung stand.

Unsere Messungen und Beobachtungen ließen erkennen, daß es bei jedem Druck nicht nur eine, sondern mehrere Charakteristiken gibt, und unsere Aufgabe bestand nun gerade darin, den Verlauf derselben festzustellen. Wir haben viele Beobachtungsreihen angestellt, die Resultate graphisch aufgetragen und zum Schluß die Kurven gezogen. Die Genauigkeit der einzelnen Beobachtung ist nicht groß genug, um aus einer einfachen Reihe die Kurven sicher zeichnen zu können, wir haben deshalb zahlreiche Messungen ausgeführt. Man darf nicht vergessen, daß besonders bei größeren Stromstärken beträchtliche Dampfmengen in den Bogen geschleudert werden, und daß da auch die zufällige Richtung dieses Dampfstrahles die Stromlinien und den inneren Widerstand des Bogens beeinflussen, so daß Elektrodenspannung und Stromstärke eben auch diesen zufälligen Änderungen unterworfen sind. Wir haben natürlich bei denjenigen Druckverhältnissen, bei denen die Resultate am reichhaltigsten und interessantesten waren, am meisten Messungen angestellt. Um uns zu orientieren über die Genauauigkeit unserer Kurven, haben wir unsere Resultate, die wir bei 100 mm Druck

1) A. Hagenbach, diese Zeitschr. 10, 649, 1909.
2) Eine genaue Beschreibung davon findet sich in der zitierten Abhandlung von A. Hagenbach.

in zwei großen Beobachtungsreihen erhalten haben, auf zwei Blätter getrennt aufgezeichnet und die Kurven gezogen. Nachher legten wir die beiden Kurvenscharen übereinander und wir konnten konstatieren, daß sie sich fast vollkommen deckten. Es scheint uns nun unnötig, das ganze Zahlenmaterial hier wiederzugeben, wir begnügen uns damit, nur die erhaltenen Kurven zu reproduzieren und wir glauben dies um so eher tun zu dürfen, weil die absoluten Werte doch noch anderen Einflüssen, wie z. B. Temperatur, unterworfen sind und es doch in erster Linie auf die Existenz dieser Kurven und auf deren gegenseitige Lage ankommt. Die Temperatur der Elektroden ändert nämlich die Elektrodenspannung, indem mit steigender Temperatur diese auch zunimmt, wie vor allem die Messungen von Malcolm und Simon[1]), sowie von Stark und Cassuto[2]) deutlich gezeigt haben. Unsere Charakteristiken würden also, auf konstante Temperatur der Elektroden bezogen, steiler abfallen, weil bei größerer Stromstärke die Erwärmung stärker ist. Bei den verschiedenen Entladungsformen muß der Einfluß ein verschieden großer sein, weil Anoden- und Kathodenfall jedesmal anders ist und damit auch die in Wärme umgewandelte Energie.

Nach den Angaben von Guye[3]) und andern ist die Konstanz der Elektrodenspannung auch besser bei gekühlten Elektroden, kleiner Stromstärke und kurzem Elektrodenabstande. Wir mußten aber den Abstand ziemlich groß wählen, einerseits wegen der Messung des Elektrodenabstandes in der Projektion, und andererseits, weil die verschiedenen Formen des Bogens sich nur bei nicht zu kleinem Abstande gut ausbilden und richtig beurteilt werden können.

Ferner ist noch auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Wenn der Bogen in Luft im abgeschlossenen Raume brennt, so wird die Atmosphäre nach und nach sauerstoffärmer. Diesen Einfluß kann man eliminieren, indem man entweder die Luft beständig durchströmen läßt, was bei passender Hahnstellung bei jedem Druck möglich ist, oder indem man vor jeder Beobachtung Luft zuströmen läßt und mit der Pumpe den gewünschten Druck wieder herstellt. Wir haben beide Methoden mit Erfolg angewandt. Wurde das nicht berücksichtigt, so zeigte sich der Einfluß darin, daß im zweiten Teil jeder Versuchsreihe, d. h. bei abnehmender Stromstärke, niedrigere Werte der Elektrodenspannung gefunden wurden als bei zunehmender. Nicht beeinflußt wurde die eine Bogenform, die wir nachher mit 1 bezeichnen (Glimmbogen). Es ließ uns das vermuten, daß neben der Verminderung des Partialdruckes des Sauerstoffs auch noch ein anderer Einfluß sich geltend mache, nämlich die Ionisation. Beim Glimmbogen leitet vornehmlich der Stickstoff. Wenn nun die Ionisation des Stickstoffs nur kurze Zeit bestehen bleibt, während die Metallionen sich länger schwebend erhalten, so wäre dadurch eine solche selektive Beeinflussung erklärt. Wir haben aber diesen Punkt nicht weiter verfolgt.

1) H.W. Malcolm und H. Th. Simon, diese Zeitschr. **8**, 471, 1907.

2) J. Stark und L. Cassuto, diese Zeitschr. **5**, 264, 1904. Vgl. auch Rasch, diese Zeitschr. **6**, 438, 1905.

3) G. E. Guye und L. Zebrikoff, Arch. de Genève, 1907. Hier findet sich auch eine Literaturzusammenstellung über den Bogen bis 1906.

Kupferbogen in Luft.

Resultate. Wir haben durch unsere Untersuchung nachgewiesen, daß der Kupferbogen in Luft unter vermindertem Druck mit Sicherheit in sechs verschiedenen Formen vorkommt. Von fünf Formen ist es uns gelungen, die Charakteristiken aufzunehmen. Die sechste haben wir bestimmt beobachtet. Von einer siebenten Form haben wir Andeutungen gefunden. Neben diesen Formen existiert natürlich noch das reine Glimmlicht. Wir bezeichnen die verschiedenen Bogenarten mit 1, 1a, 2, 2a, 3 und 3a. Die höchste Elektrodenspannung gehört zu 1, die geringste zu 3a. Unsere Resultate sind in den Kurven Fig. 1 enthalten und für die nachfolgenden Erläuterungen verweisen wir auf dieselben.

Bei dem Druck einer Atmosphäre sind die Charakteristiken schlecht aufzunehmen, indem der Bogen stark hin- und herflackert und dadurch beständig gewissen Schwankungen unterworfen ist. Die Messungen lassen aber doch deutlich erkennen, daß es zwei getrennte Charakteristiken gibt, die ungefähr einander parallel laufen. Die obere der Kurven bezeichnen wir mit 3, die untere mit 3a. Die beiden Kurven sind folgendermaßen erhalten. Bei einem gegebenen äußeren Widerstande sprangen Volt- und Amperemeter zwischen einem Werte der obern und einem der untern Kurve hin und her. Im allgemeinen herrschte die Entladungsform 3; 3a wurde nur immer kurze Zeit beobachtet.

Vermindert man den Druck auf 600 mm, so findet man ungefähr dasselbe. Es treten auch zwei Entladungsformen auf, aber der Bogen brennt schon etwas ruhiger und die Messungen sind sicherer.

Bei 500, 400, 300 und 200 mm Druck finden wir immer die beiden Kurven 3 und 3a. Bei größeren Stromstärken ist 3a häufiger wie bei den kleineren. Der Abstand der beiden Kurven ist ungefähr konstant; er beträgt rund 4 Volt. Beide Kurven rücken mit abnehmendem

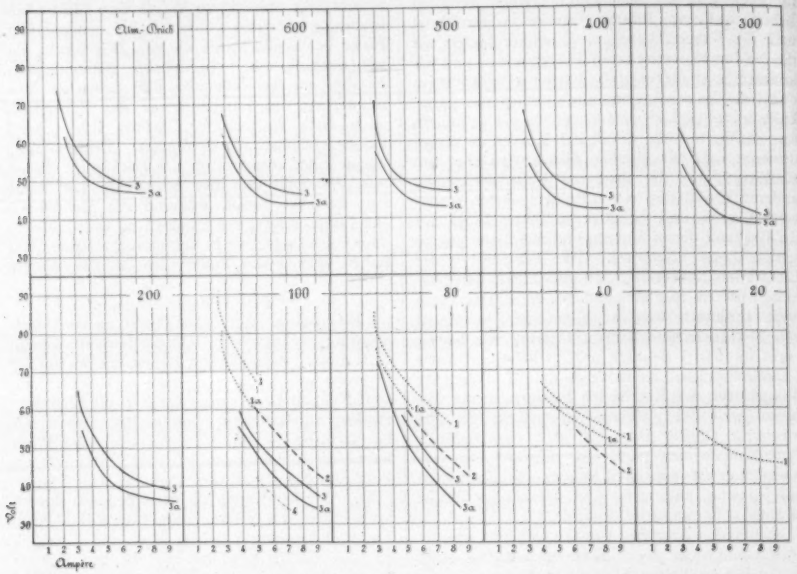


Fig. 1. Volt-Amperekurven für *Cu*-Bogen in Luft für Drucke von 1 Atm. abwärts bis 20 mm. Bogenlänge 1 cm.

Druck nach unten. Die kleinste Stromstärke, die bei 440 Volt zu erreichen ist, beträgt ca. 3 Ampere bei einer Bogenlänge von 1 cm. Die Gestalt der Kurven ist ungefähr hyperbolisch. Bei Stromstärken von etwa 6 Ampere sind die Kurven der Ampereachse fast parallel.

Bei 100 mm finden wir die beiden Kurven 3 und 3a wieder, aber sie beginnen erst bei 4 Ampere und sind auch bei 9 Ampere noch stark geneigt. Unter 80 mm wird die Krümmung noch geringer; die Minimalstromstärke ist etwa 5 Ampere, die Kurvenstücke sind nahezu gerade. Bei 40 mm Luftdruck konnten nur noch bei 8 Ampere wenige Punkte gefunden werden. Oberhalb 100 mm war immer eine der beiden Entladungsformen vorhanden, von 100 mm abwärts traten neue Formen hinzu und erstere wurden immer seltener, je geringer der Druck. Verminderte man den Druck bis 20 mm, so konnte selbst bis zu 9 Ampere die Formen 3 und 3a nicht mehr erhalten werden.

In der Form 3 befindet sich der Bogen im gewöhnlichen Stadium. An der Anode und der Kathode setzt er punktförmig an. An den Elektroden war die Helligkeit am größten, das Ansatzbüschel ist weißer wie der übrige Bogen. Die spektroskopische Untersuchung hatte ja ergeben, daß in denselben außer den Bogen- auch die Funkenlinien enthalten sind. Der übrige Teil des Bogens ist schön grün, bei niederem Druck wird er breiter.

Das Stadium 3a ist vor allem durch die veränderte Farbe des Bogens zu erkennen. Der Bogen wird intensiv rotgelb gefärbt und zeigt eine starke Aureole, die an der Kathode gebildet wird und von dort, je nach der Stromstärke, weiter oder weniger weit in den Bogen hineingeschleudert wird. Von 200 mm an aufwärts finden wir nur diese beiden Stadien 3 und 3a, aber unterhalb treten nun noch andere charakteristische Formen auf. Bei 100 mm sehen wir eine Kurve mit 2 bezeichnet. Sie liegt etwas höher wie die vorher genannten. Dieses Stadium findet sich in dem Druckintervall von 200 mm bis etwa 40 mm bei 1 cm Bogenlänge und 440 Volt Netzspannung. Das Aussehen an der Kathode war in dem Stadium 2 identisch mit dem entsprechenden bei 3, aber an der Anode setzte der Bogen mit einem rosavioletten Büschel an, das kugelförmige Gestalt hatte. Das Spektrum dieses Büschels ist das Stickstoffbandenspektrum. Dieses Büschel setzte

an der Anode punktförmig oder kugelförmig, aber nicht in einer breiten Fläche, an.

Neben dieser Form 2 existiert noch eine Art 2a. Sie ist ziemlich selten und besteht immer nur kurze Zeit, so daß wir die Charakteristik nicht aufnehmen konnten; außerdem haben wir sie erst gegen Schluß unserer Untersuchung richtig erkannt. Wir konnten uns nur qualitativ davon überzeugen, daß ihre (V, i) Kurve unterhalb der von 2 liegt. Bei 2a macht man dieselbe Beobachtung an der Kathode wie bei 3a, daß sich nämlich von dort aus rotgefärbter Dampf loslöst. Die Kurven von 2 sind wenig gekrümmt. Bei 100 mm konnten sie von 4,5 bis 9 Ampere ermittelt werden, bei 80 mm von 5, bei 40 mm erst von 6 Ampere an.

Zwei weitere Bogenformen sind durch die Kurven 1 und 1a charakterisiert. Sie erscheinen erst von einem Druck von 100 mm abwärts: 1 solange man überhaupt einen Bogen unterhalten kann; 1a wird bei Erniedrigen des Druckes unter 40 mm selten, bei 20 mm haben wir nur noch 1 gefunden; erst bei 9,5 Ampere haben wir 2 mit 49,5 Volt gefunden, einen Punkt, der in Fig. 1 nicht eingetragen ist. Diese Stadien sind besonders gut ausgeprägt bei geringen Stromstärken und stellen dabei die stabilere Form dar. So finden wir zwischen 2,5 und 3,5 Ampere bei einem Druck von 100 mm nur 1 und 1a, nicht aber die andern, während bei 6 bis 9 Ampere nur 3 und 3a existieren können. Die Formen 2 und 2a bilden sich am häufigsten bei unsern mittleren Stromstärken.

Ob man 220 oder 440 Volt Netzspannung benützt, hat nur den Effekt, daß man bei der höheren Spannung die Kurven nach den kleineren Stromstärken hin etwas weiter verfolgen kann. Bei 1 und 1a haben wir nur noch an der Kathode den typischen punktförmigen Bogenansatz wie bei den übrigen 4 Formen, an der Anode herrscht Glimmentladung. Je nach Stromstärke und Druck wird die Anodenoberfläche mehr oder weniger von einer Glimmlichtschicht überzogen, bei niederem Druck wird die ganze Anode in einen pelzähnlichen violetten Überzug eingehüllt. Sie zeigt, wie früher durch Spektrogramme festgestellt wurde, das Stickstoffbandenspektrum. Bei schwachen Strömen und niederem Druck ist nur noch unmittelbar an der Kathode das Kupferspektrum, der ganze übrige Teil des Bogens leuchtet in der „Stickstoffarbe". Mit zunehmender Stromintensität oder zunehmendem Druck dehnt sich die grüne „Kupferfärbung" aus.

Von der Ansatzstelle an der Kathode bei der Form 1 ist zu erwähnen, daß sie, besonders wenn der Bogen zwischen kalten Elektroden mit geringer Amperezahl angebrannt wird, in sehr raschem Tempo zwischen zwei oder mehreren Punkten der Metallfläche hin und her springt. Die Wechsel erfolgen so rasch, daß man den Eindruck eines vielfachen Bogens gewinnt. Plötzlich, ohne erkenntlichen äußeren Grund, kann der Bogen ruhig werden und unter Umständen minutenlang bewegungslos brennen. Zwischen dem ruhigen und dem flackernden Bogen aber besteht in bezug auf die Charakteristik kein Unterschied.

Springt der Bogen in Form 1a, so wird er breit, steht ganz ruhig und hat die rote Farbe der Aureole. Diese Färbung geht bis zur Anode, hat aber offenbar ihren Ursprung wie bei 2a und 3a an der Kathode. An der Anode bleibt der Glimmansatz bestehen. Die rote Färbung der drei a-Formen besteht hauptsächlich aus intensiven im Rot gelegenen Banden. Es sind vier Banden mit je zwei Kanten, die nach dem roten Ende hin abfallen. Außerdem sind es eine Reihe schwächerer Banden im Grün.

Aussehen der verschiedenen Entladungsformen.

Es war unser Wunsch, hier naturgetreue Abbildungen des *Cu*-Bogens in seinen sechs verschiedenen Formen zu geben. Wir versuchten es deshalb, mittels Autochromplatten Photographien in natürlichen Farben zu erhalten, allein das Resultat war noch zu unvollkommen, als daß wir es an dieser Stelle wiedergeben könnten. Die Formen 1, 1a und 3 lieferten zwar ziemlich annehmbare Bilder; in allen diesen trat das durch *Cu* hervorgebrachte grüne Licht schön hervor, in 1 und 1a erkannte man deutlich das violette von *N* herrührende Glimmlicht und in 1a sogar die von *CuO* stammende Aureole. Die Form 2 entzog sich infolge ihrer flackernden Unruhe der autochromatischen Aufnahme, welche immer einige Sekunden Expositionszeit erheischt. Bei den übrigen Formen sind die Intensitätsunterschiede der verschiedenen Teile des Bogens so sehr verschieden, daß dieselben niemals gleichmäßig berücksichtigt erscheinen.

Von Herrn Privatdozent Dr. H. Zickendraht wurden von den sechs Entladungsformen Bilder in Aquarell hergestellt. Hierfür, sowie auch für die Bereitwilligkeit, mit welcher er uns öfters in diesen Untersuchungen unterstützte, sprechen wir ihm unsern besten Dank aus.

Von den Formen 1, 1a, 2, 3a gelang es auch gewöhnliche, farblose Photographien zu erhalten, bei den beiden ersten war eine Gelbscheibe erforderlich, weil sonst das relativ schwach leuchtende violette Glimmlicht an der Anode zu stark gegenüber dem Grün des Kupfers zum Ausdruck gekommen wäre. Auch hier wirkte der große Intensitätsunterschied der verschiedenen Teile des Bogens störend für die Aufnahmen.

Wegen der Unvollkommenheit aller dieser Darstellungen scheint es uns für das Verständnis zweckdienlicher zu sein, wenn wir uns auf eine rein schematische Darstellung des Aussehens der Entladungsformen beschränken. Die Fig. 2 enthält eine solche. Der positive Pol war stets unten, der negative oben. Im übrigen gibt die Figur das Wesentliche der Erscheinungen, wenn sie auch nicht imstande ist, eine Vorstellung ihrer Schönheit hervorzurufen.

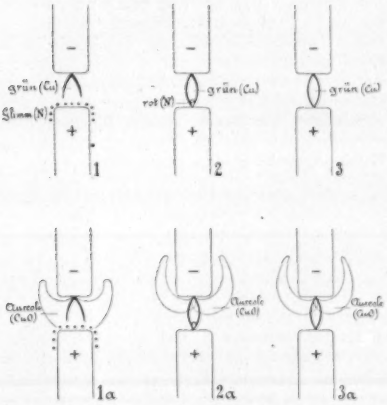


Fig. 2.

Diskussion der Resultate.

Aus dem eben Mitgeteilten ersehen wir, daß der Bogen zwischen Kupferelektroden in Luft bei vermindertem Druck in 6 verschiedenen Formen vorkommen kann. Nicht bei jedem Druck unterhalb einer Atmosphäre sind bei einer Klemmspannung von 440 Volt alle Formen gefunden worden, doch sind vermutlich alle bei genügend hoher Netzspannung und großem Vorschaltwiderstande bei jedem Druck erhältlich. Bei 220 oder 440 Volt kommen zwischen etwa 100 und 60 mm Druck sämtliche Stadien vor. Bei 100 mm ist das Bild etwa folgendes: Beträgt die Stromstärke zwischen 3 und 4 Ampere, so spielt die Entladung zwischen 1 und 1a, zwischen 6 und 9 Ampere finden wir ein Wechseln zwischen 2, 3 und 3a. Bei 5 Ampere existieren alle 5 (resp. 6) Formen.

Der Übergang einer Entladungsform in eine andere erfolgt stets sprungweise. Volt- und Amperemeter zeigen dabei eine momentane Änderung. Oft finden in einer Sekunde mehrere Wechsel statt, bald bleibt eine Form minutenlang unverändert. Warum ein Wechsel stattfindet, bleibt aber vollkommen unaufgeklärt. Sämtliche Theorien des Bogens geben darüber keinen Aufschluß, denn mit einer Bemerkung, daß unter gegebenen äußeren Bedingungen mehrere Gleichgewichtsformen möglich seien, umschreibt man nur das, was man eben beobachtet, aber man erklärt es nicht.

Wir haben bei der Beobachtung stets die gewünschte Form abgewartet und dann gleichzeitig die verschiedenen Ablesungen ausgeführt. Es ist ein merkwürdiges und farbenprächtiges Spiel, wie man es auf dem Projektionsschirm beobachtet, ein beständiges sprungweises Ändern der Bogengestalt und Farbe. Die verschiedenen Stadien sehen so verschieden aus, daß eigentlich niemals zweifelhaft war, mit welcher Form man es zu tun hatte, nachdem wir einmal die typischen Erscheinungen im Laufe der Untersuchung kennen gelernt hatten. Wenn etwa eine Unsicherheit in der Beurteilung bestand, so wurde diese stets gehoben, wenn man durch kontinuierliche Änderung der Stromstärke zu den Verhältnissen kam, bei welchem die zweifelhafte Form „typischer" wurde, d. h. sich von den andern stark unterschied. So finden wir, wie schon erwähnt, 1 und 1a am schönsten ausgeprägt bei 2—3 Ampere, 2 aber bei etwa 5. 2a ist ziemlich selten und bleibt immer nur kurze Zeit, es dient häufiger als Zwischenstadium, wenn 2 in 3a umschlägt. Es kommen alle Umwandlungen vor, es kann also jede Form in jede andre umschlagen, doch treten gewisse Umwandlungen häufiger auf wie andere.

Beim Umspringen ändern sich stets Volt und Ampere, prozentual jedoch die Spannung mehr. In folgender Tabelle sei aus einer Versuchsreihe bei 100 mm Druck bei durchströmender Luft und 440 Volt Netzspannung ein Beispiel gegeben, was bei Konstanthalten des äußeren Widerstandes Volt- und Amperemeter anzeigten. Die Zahlen sind Mittelwerte aus mehreren hintereinander gemachten Ablesungen.

Bogenform	Ampere	Volt	Voltampere
1	4,86	69,7	339
1a	4,95	60,8	303
2	4,99	61,0	304
3	5,02	54,7	275
3a	5,15	46,0	237

In der letzten Kolonne ist die Energie gerechnet, welche durch den Bogen geht. Sie nimmt in der angegebenen Reihenfolge ab. 1a und 2 sind in diesem Beispiel gleich groß, denn die Genauigkeit ist jedenfalls kleiner wie $^1/_3$ Prozent. Die größte Gesamthelligkeit für das Auge ist aber in 3a und die kleinste in 1.

Nach Cady und Arnold[1]) ist auch bei Eisen die Energie im ersten Stadium — entspricht unserem 1 — größer als im zweiten Stadium — entspricht unserem 3.

Die Auffassung, welche wir von diesen scheinbar komplizierten Verhältnissen gewonnen haben, ist kurz folgende. Die gemessene Elektrodenspannung ist stets die Summe von Anodenfall plus Kathodenfall plus Gefälle im eigentlichen Bogen. Es existieren nun für Kupfer im Bogen drei mögliche voneinander verschiedene Anodengefälle und zwei Kathodengefälle.

An der Kathode ist das eine der normale Kathodenfall, während das zweite der Kathodenfall am Kupferoxyd ist. Der erstere beträgt nach Child[2]) 14 Volt. Wenn der zweite Kathodenfall vorhanden ist, der niedriger ist wie der erste, so befindet sich der Bogen im Stadium des Zischens. Wir konnten das Zischen beim Bogen im Kessel nicht hören, hingegen haben wir uns wenigstens bei Atmosphärendruck überzeugt, daß in der Form 3a ein Zischen vorhanden ist. Die Erscheinung ist aber weniger ausgeprägt wie beim Kohlebogen. Das Zischen und damit Hand in Hand gehend die Erniedrigung der Elektrodenspannung beruhte also beim Kupfer auf der Oxydation der Kathode, und die drei Formen 1a, 2a und 3a wären die Zischformen von 1, 2 und 3.

Ayrton hat den zischenden Kohlebogen untersucht und erklärt das Zischen durch die Oxydation, eine Ansicht, welche schon von Lehmann vertreten wird. Nach Luggin[3]) und Ayrton tritt die Oxydation und die damit verbundene Erniedrigung der Elektrodenspannung an der Anode auf. Man muß aber bedenken, daß beim Kohlebogen der Anodenfall größer ist und dadurch dessen Temperatur höher. Deshalb muß also beim Kohlebogen die Oxydation zuerst an der Anode, beim Kupferbogen zuerst an der Kathode eintreten.

Die Charakteristiken des zischenden Kohlebogens sind von Ayrton als Gerade gefunden worden, welche sich nicht bis in das Gebiet des normalen Bogens verfolgen lassen. Beim Kupferbogen lassen sie sich auch in dem Gebiet der kleinen Stromstärken studieren, sie zeigen die ähnliche Krümmung wie die des gewöhnlichen Kupferbogens.

Die spektroskopische Beobachtung der drei Zischformen ergab stets das Auftreten der intensiven Banden im Rot und einiger schwächerer im Grün. Diese Banden sind schon früher von A. Hagenbach und H. Konen[1]) dem Kupferoxyd zugeschrieben worden. Wir erwähnen noch, daß diese Banden in der eigentlichen Aureole, also in der Flamme, welche vom Bogen aufsteigt, immer enthalten sind, und dort ist wohl sicher anzunehmen, daß vor allem Oxydationsprozesse vor sich gehen. Cady und Arnold schreiben auch bei Eisenbogen den grünlichgelben Mantel der Oxydation des Eisens zu. Aufnahmen, welche einer von uns mit dem Spektrographen von dieser Aureole gemacht hat, zeigen ebenfalls eine Gruppe von unscharfen Banden im Rot und Gelb[2]).

Der Kathodenfall ist also demnach kleiner gegen Kupferoxyd wie gegen Kupfer, deshalb liegen die drei a-Formen tiefer wie die dazu gehörenden andern. Die Bemerkung von Upson[3]), daß im Eisenbogen während des Zischens die Elektrodenspannung sinke, stimmt also mit unserer Auffassung vollkommen überein. Entscheiden können wir natürlich vorläufig nicht, ob der Oxydationsprozeß oder das oxydierte Kupfer die Schuld der Änderung des Kathodenfalls trägt. Für das Zischen muß man den Oxydationsvorgang verantwortlich machen.

Wenn durch den Oxydationsprozeß nur der Kathodenfall geändert würde, so müßten die (V, i) Kurven der Zischformen den andern genau parallel verlaufen. Dies ist nun nicht ganz der Fall und ist auch nicht zu erwarten, denn das verdampfte Kupferoxyd wird eine andere Leitfähigkeit besitzen wie das Kupfer, und das kann den Potentialgradienten im Bogen ändern und, wenn das Kupferoxyd bis an die Anode geschleudert wird, sogar auch noch den Anodenfall etwas beeinflussen. Zieht man die Elektroden bis auf mehrere Zentimeter auseinander, so kann man sehr gut erkennen, daß die roten Wolken bei 2a und 3a nur von der Kathode ausgehen und von den aufsteigenden Gasen nach oben getrieben werden. Je größer die Stromstärke, um so weiter schießen die Dämpfe in den Bogen hinein. Bei der 1a-Form scheint immer der ganze Bogen rotgelb gefärbt. Es ist aber erklärlich, wenn man in Betracht zieht, daß diese Form nur bei kleinen Stromstärken und niederen Drucken eintritt, wo die aufströmende Gasmasse kleiner ist und zudem weniger erwärmt. Hier tritt offenbar die vorhin erwähnte Beeinflussung des Bogens durch das Kupferoxyd ein, denn 1 und 1a sind nicht mehr parallel, die beiden Kurven kommen sogar zum Schnitt, wie wir häufig konstatiert haben (vgl. Fig. 4).

1) W. G. Cady und H. D. Arnold, diese Zeitschr. **8**, 890, 1907.
2) Child, Phys. Rev. **10**, 151, 1900 und **12**, 149, 1901.
3) Luggin, Wien. Sitzungsber. **98**, 1192, 1889.

1) A. Hagenbach und H. Konen, Atlas der Emissionsspektren 24, Nr. 231.
2) Diese Banden sind inzwischen von E. Domek, Sitzgber. d. k. Ak. d. Wiss. Wien **119** (IIa), 437, 1910 vermessen worden.
3) W. Upson, Phil. Mag. **14** (6), 126, 1907.

Die Temperatur der Kathode muß immer so hoch sein, daß an der Ansatzstelle des Bogens Kupfer resp. Kupferoxyd verdampft.

Der Übergang von 1 nach 2 und 3 entspricht aber einer Änderung des Anodenfalls. Befindet sich die Elektrode auf so hoher Temperatur, daß sie verdampft, so besteht der normale Anodenfall, der nach Messungen von Child[1]) 11 Volt beträgt. Dies ist der Fall in dem Stadium 3. Besteht also normaler Anoden- und Kathodenfall, so haben wir die Entladungsform 3, findet aber Oxydation an der Kathode statt, so haben wir die Zischform 3a.

Bei der Form 2 ist an der Anode ein größerer Potentialsprung vorhanden. Die Temperatur der Anode ist geringer, wie bei 3 und es verdampft offenbar kein Kupfer mehr, oder sehr wenig. Der Bogen setzt punktförmig an mit einem leuchtenden Büschel von Stickstoff. Dieser Bogenansatz ist, soweit wir die Literatur kennen, bis jetzt noch nie beobachtet worden. Vielleicht hat Arons die Erscheinung einmal gesehen, doch läßt es sich aus seinen Angaben nicht ermitteln, da alle systematischen und quantitativen Angaben fehlen.

Unsere Beobachtungen in Stickstoff, die nachher noch beschrieben werden, haben uns gezeigt, daß diese Bogenform bei relativ hohen Drucken (500 mm und mehr) sehr stabil auftritt. Das Büschel setzt ganz spitz an der Anode an und ragt weit in den Bogen hinein. Zieht man den Bogen in Stickstoff lang aus, so leuchtet die Hälfte des Bogens in der Farbe des Stickstoffs, die andere Hälfte in der des Kupfers. In Luft ist der Ansatz weniger spitz wie in Stickstoff, er ist mehr kugelförmig. Von 2 nach 1 gibt es keinen kontinuierlichen Übergang.

Bei der Form 1 tritt an der Anode Glimmlicht ein. Diese Form, die man als Glimmbogen bezeichnet hat, ist von Mehreren beobachtet worden. Wie schon in der Einleitung erwähnt, liegen Messungen von Cady und Arnold vor. Wir nehmen wenigstens an, daß das sogenannte erste Stadium von Cady und Arnold unsere Form 1 ist, während ihr zweites Stadium unserm dritten identisch sein muß. Nach ihnen ist bei Eisen das erste Stadium besser ausgeprägt wie bei Kupfer. Wir teilen aber nicht die Ansicht der beiden Forscher, wenn sie sagen: „Der Übergang von einem Stadium zum andern ist dem Zischpunkt des Kohlebogens ähnlich.“ Wir glauben aber, daß der Zischpunkt der Kohle ebensogut wie des Kupfers auf der Oxydation im ersten Fall der Anode, im zweiten der Kathode beruht, daß aber der Glimmbogen beim Kupfer auf einem andern Anodenfall basiert, und daß also das erste Stadium von Cady und Arnold gar nichts zu tun hat mit dem Zischen.

Es gibt nun auch zum Glimmbogen 1, oder was dasselbe sagt zum ersten Stadium von Cady und Arnold, noch eine Zischform, hervorgerufen durch die Oxydation der negativen Elektrode. Von dieser Form 1a haben wir nirgends etwas erwähnt gefunden. Cady und Arnold bezeichnen die Übergangsstelle in den Charakteristiken vom ersten ins zweite Stadium als kritischen Punkt. Diese Bezeichnung verliert nun ganz ihre Bedeutung nach unsern Untersuchungen, da die beiden Kurven 1 und 3 weit übereinander verfolgt werden können und man also nicht von einem Punkt sprechen kann.

Einen Beweis, daß wir in dieser Entladungsform wirklich Glimmansatz an der Anode haben, glauben wir in folgendem zu sehen. Der normale Anodenfall im Kupferbogen (Form 3) beträgt 11 Volt. Wenn 3 in 1 umschlägt, so vergrößert sich im Durchschnitt die Elektrodenspannung um 12 Volt[1]). Der Anodenfall betrüge demnach im Glimmbogen 23 Volt. Von Skinner[2]) wurde in reinem Stickstoff der Anodenfall im Glimmlicht für Kupferelektroden bestimmt und zu 20 bis 30 Volt je nach Druck von 1 bis 3 mm ermittelt. Das steht also in guter Übereinstimmung mit unserm im Glimmbogen gefundenen Wert. Eine ganz genaue Übereinstimmung ist übrigens gar nicht zu erwarten, da der Anodenfall ja etwas verschieden sein kann im Glimmbogen gegenüber der reinen Glimmentladung, weil er durch die hohe Temperatur, durch das ultraviolette Licht und die Zusammensetzung des Gases an der Anode beeinflußt sein kann.

Nach unserer Auffassung existieren also drei Anodengefälle und zwei Kathodengefälle (Kupfer und Kupferoxyd) und demnach 6 verschiedene Bogenformen. Ein strenger Beweis für unsere Ansicht kann unseres Erachtens nur durch gesonderte Messungen von Anoden- und Kathodenfall bei dem Umschlagen von einer Form in eine andere erbracht werden, und es sind deshalb im hiesigen Institut derartige Messungen in Angriff genommen worden.

Daß die a-Formen nur eintreten, wenn eine Oxydation möglich ist, haben wir durch die Untersuchung des Kupferbogens in Stickstoff bewiesen.

Kupferbogen in Stickstoff.

Um den Bogen in Stickstoff zu brennen, verbanden wir den Kessel mit einer Stickstoff-

1) Child, Phys. Rev. 10, 151, 1900 und 12, 149, 1901.

1) In Stickstoff ist die Zahl gleich.
2) Skinner, Wied. Ann. 68, 752, 1899.

bombe von der Firma Kahlbaum (Berlin). Ein eingeschaltetes Quecksilberventil sorgte dafür, daß in den Zuleitungen kein Überdruck entstehen konnte und eine Flasche mit Phosphorsäureanhydrid hielt die etwa vorhandene Feuchtigkeit zurück. Der Kessel wurde vor der Füllung ausgepumpt und dann mit durchströmendem Stickstoff die Reste von Luft noch entfernt.

Die Messungen in Stickstoff wurden in erster Linie ausgeführt um festzustellen, ob die Zischformen wegbleiben, wenn der Sauerstoff fehlt. Nach öfterem Ausspülen und längerem Brennen erschienen tatsächlich nur die Formen 1, 2 und 3. Nur bei Atmosphärendruck zu Beginn der Untersuchung hat einigemal 3a eingesetzt. Spuren von Kupferoxyd konnten aber mit Leichtigkeit an den Elektroden sein. Unter vermindertem Druck ist nachher kein einziges Mal mehr eine der a-Formen zustande gekommen.

Das Gesamtbild in Stickstoff ist insofern anders, als alles nach höheren Volt verschoben ist. Mit der Netzspannung von 440 Volt konnten wir die Kurven weiter nach kleinen i verfolgen. Selbst unter Atmosphärendruck erhielten wir bei kleinen Stromstärken die Form 1. Die Form 2 tritt sehr stabil auf bei einem Druck 400 bis 500 mm. Sie ist geradezu die am besten ausgeprägte von allen und zum Studium dieser neuen Form dürften sich diese Verhältnisse besonders gut eignen. Unterhalb 200 mm werden die Messungen in Stickstoff sehr ungenau, der

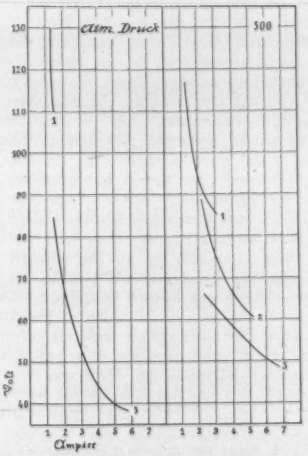


Fig. 3. Volt-Amperekurven für *Cu*-Bogen in Stickstoff. Druck 1 Atm. und 500 mm. Bogenlänge 1 cm.

Bogen schwankt ungeheuer hin und her. Wir wollen deshalb nur von 2 Drucken, nämlich 760 und 500, die Charakteristiken wiedergeben in Fig. 3. Die Kurve der Form 1 rückt auch hier mit abnehmendem Druck nach unten wie bei Luft. Unter 70 mm gelingt es nicht mehr, den Bogen zu erhalten, außer vielleicht bei großen Stromstärken; es tritt immer reines Glimmlicht ein, worüber nachher noch berichtet wird.

Das Wesentliche für den Stickstoff ist also die Tatsache, daß auch hier die drei Charakteristiken 1, 2 und 3 existieren und daß bei Konstanthalten von Druck und äußerem Widerstand der Bogen zwischen diesen 3 Stadien abwechselt ohne äußere Veranlassung. Die drei anderen Formen aber treten nicht ein. In Luft kommen sie eben nur zustande durch die Gegenwart des Sauerstoffs, der die Kathode oxydiert.

Kupferbogen in Kohlensäure.

Das Verhalten des Bogens in Kohlensäure ist ähnlich wie in Luft. Die Charakteristiken liegen aber alle höher. Anoden- und Kathodenfall sind offenbar größer, denn die Erhitzung der Elektroden ist stärker. Es genügt z. B. schon bei 50 mm ein Strom von 4 Ampere, um beide Elektroden rotglühend zu machen; die Elektrodenspannung beträgt dabei 100 Volt, die Entladungsform ist Glimmbogen. Die Form 1 kommt aber entsprechend der stärkeren Erhitzung weniger leicht, denn sobald die Anode verdampft, tritt 3 auf. Die Zischformen 1a und 3a kommen in Kohlensäure auch zustande und das Spektroskop zeigt dabei dieselben Banden im Rot. Kohlensäure wird offenbar teilweise zersetzt und Sauerstoff zur Oxydation der erhitzten Kathode verwendet. Wir haben uns mit der qualitativen Untersuchung begnügt.

Ergänzungen.

Eine weitere Frage ist, ob nicht an der Anode auch durch Oxydation der Anodenfall verkleinert werden kann. Wir können sie mit einiger Wahrscheinlichkeit bejahen. Bei hohen Stromstärken in Luft haben wir bemerkt, daß eine Anzahl Punkte, die wir mit 3a bezeichnet hatten, wesentlich zu tief lagen gegenüber den andern Punkten der Kurve. Es wäre nun leicht möglich, daß diese Punkte dem Bogen Kupferoxyd-Kupferoxyd angehörten. In der Fig. 1 haben wir einige dieser Punkte durch Kurve 4 bei 100 mm verbunden. Die Beurteilung bei großen Stromintensitäten ist schwierig, weil beim Zischen meistens der Bogen stark deformiert wird, und große Dampfmengen in den Bogen geschleudert werden, so daß die von der

Kathode herrührende Flamme bis zur Anode reicht und nun nicht zu sehen ist, ob sich auch an der Anode die Farbe des Bogens ändert. Diese Form mitgerechnet, kann also der Bogen bei einem Druck in 7 verschiedenen Stadien existieren.

Veränderung der Bogenlänge.

Wir haben unsere Untersuchung nicht nur auf 1 cm Bogenlänge beschränkt, sondern wir haben auch bei größeren und kleineren Abständen Charakteristiken aufgenommen. Es würde aber nicht viel Interessantes zeigen, würden wir alle derartigen Kurven hier wiedergeben.

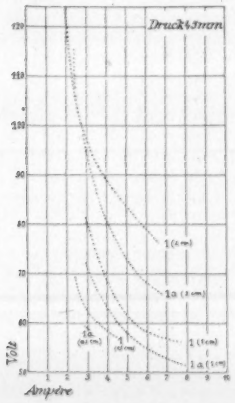


Fig. 4. Volt-Amperekurven für die Formen 1 und 1a des *Cu*-Bogen in Luft bei konstantem Druck von 45 mm und für die Bogenlängen $^1/_2$, 1, 2 cm.

Wir begnügen uns, die Charakteristiken für 1 und 1a bei einem Druck von 45 mm in Fig. 4 zu reproduzieren, die Bogenlängen betragen dabei 2, 1 und 0,5 cm. Auch sieht man hier, worauf wir früher schon aufmerksam gemacht haben, daß 1 und 1a zum Schnitt kommen.

Bei großem Elektrodenabstand setzt der Glimmbogen leichter ein wie der normale, bei kleinem Abstande umgekehrt. Es ist das leicht verständlich, denn die Elektronen, welche von der Kathode ausgehen, erreichen bei großem Elektrodenabstande in geringerer Zahl die Anode, weil ein größerer Prozentsatz zur Ionisierung der Dampf- und Luftmoleküle im Bogen verwendet wird; das Bombardement der Anode ist geringer, ihre Temperatur sinkt leichter unter die Verdampfungstemperatur, wobei der Glimmbogen einsetzt.

Mathematische Formeln für die Charakteristiken.

Von den verschiedenen Formeln, welche für die Charakteristiken aufgestellt worden sind, hat die von H. Ayrton am meisten Anwendung gefunden. Sie gibt die Abhängigkeit der Elektrodenspannung von Bogenlänge und Stromstärke. Sie lautet

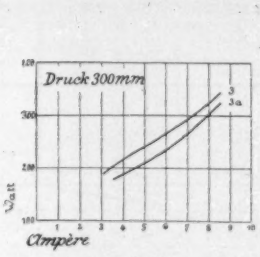
$$V = a + bl + \frac{c + dl}{i},$$

a, b, c und d sind Konstanten, l Bogenlänge und i Stromstärke. Diese Gleichung ist für den Kohlebogen aufgestellt worden, hat sich aber auch nach den Angaben von Guye und Zebrikoff[1]) für mehrere Metalle bestätigt. Die Ayrtonsche Formel kann aber nur gelten, wenn die Energiekurven (Watt-Amperekurven) und die Watt-Bogenlängekurven Gerade sind. Malcolm hat die Energiekurven für verschiedene Metalle, worunter auch für Kupfer, aufgestellt, findet aber keine Gerade, sondern Kurven, welche schwach gegen die Ampereachse konkav sind. Upson hingegen, der den Bogen zwischen gleichartigen und ungleichartigen Elektroden (Kohle und Metalle) in Luft, Wasserstoff und Leuchtgas einer Untersuchung unterzieht, findet die Energie- und Volt-Bogenlängekurven überall als Gerade.

In Fig. 5 und 6 sind einige aus unsern Beobachtungen entnommene Watt-Amperekurven gegeben. Die 3 und 3a Form unter 300 mm zeigen ungefähr eine Gerade, unter 80 mm und ebenso bei 100 mm (hier nicht gezeichnet) sind sie aber nach der Ampereachse konkav. Die Energiekurven der 1 und 1a Form weichen weder bei 80 mm noch bei 45 mm, selbst für die verschiedenen Bogenlängen 2, 1 und 0,5 cm kaum von der Geraden ab. Je nach der vorhandenen Entladungsform und je nach den Bedingungen wie Druck etc. scheinen die Energiekurven mehr oder weniger von der Geraden abzuweichen und das Gesetz hat offenbar keine allgemeine Bedeutung. Auch ist die Genauigkeit der meisten Beobachtungen nicht genügend. So finden wir z. B., daß Grau und Ruß im Kupferbogen in Luft bis zu Bogenlängen von 5 cm die Energiekurven als Gerade angeben und die Ayrtonsche Formel bestätigen, während M. Töpler mit denselben Zahlen nachweist, daß mit der gleichen Genauigkeit wie die Ayrtonsche Formel auch seine für den Büschellichtbogen aufgestellte Gleichung von der Form

$$V = a + \frac{b}{\sqrt{i}} l$$

1) G. E. Guye und L. Zebrikoff, Arch. de Genève, 1907. Hier findet sich auch eine Literaturzusammenstellung über den Bogen bis 1906.



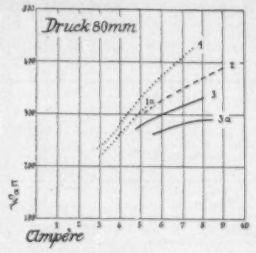


Fig. 5. Watt-Amperekurven für *Cu*-Bogen in Luft für 300 mm und 80 mm Druck. Bogenlänge 1 cm.

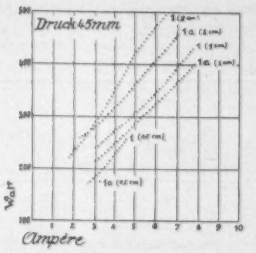


Fig. 6. Watt-Amperekurven für die Formen 1 und 1a des *Cu*-Bogens in Luft. Bogenlängen $^1/_2$, 1, 2 cm.

erfüllt wird, wobei a und b Konstanten, i die Intensität und l die Bogenlänge bedeuten.

Als zweite Bedingung für die Ayrtonsche Formel ist die zuerst von Fröhlich[1]) angegebene geradlinige Abhängigkeit von Elektrodenspannung und Bogenlänge, oder, was dasselbe sagt, der Watt und Bogenlänge bei konstanter Stromintensität. Guye und Zebrikoff haben

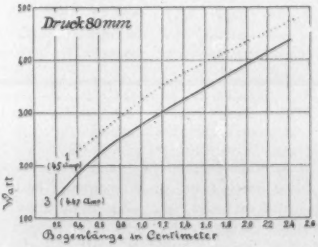


Fig. 7. Watt-Bogenlängenkurven. *Cu*-Bogen in Luft. Entladungsformen 1 und 3.

für Kupfer bis zu 4 mm Bogenlänge Gerade gefunden. Unsere Resultate sind in Fig. 5 aufgezeichnet. Die obere punktierte Kurve enthält die Resultate des Glimmbogens (1) bei einer konstanten Stromstärke von 4,5 Ampere, einem Druck von 80 mm und für Bogenlängen von 4 bis 25 mm. Die untere Kurve gilt für die Form 3 für eine konstante Stromstärke von 4,47 Ampere, demselben Druck und für Bogen von 2 bis 24 mm. Die beiden Kurven sind angenähert parallel, aber gegen die Bogenlängenachse konkav.

Also auch die von Fröhlich aufgestellte Gesetzmäßigkeit ist offenbar nur ein Annäherungsgesetz.

Daß übrigens die Ayrtonsche Formel für Kupfer nicht allgemein gelten kann, ersieht man sofort aus den Charakteristiken der Fig. 1. Für konstante Bogenlänge geht die Ayrtonsche Formel über in $Vi = \text{const}$, d. h. die Charakteristiken müssen alle Hyperbeln sein. Daß dies vom Druck 100 mm an abwärts nicht mehr der Fall ist, ersieht man sofort.

Die Volt-Druckkurven.

Duncan, Rowland und Todd[1]) haben für den Kohlebogen von 0 bis 10 Atmosphären Druck in Luft einige Volt-Druckkurven gegeben. Sie zeichnen wenigstens bei den größeren Bogenlängen ein Minimum in der Nähe von einer Atmosphäre. Da sie über den Grad der Evakuation keine Angaben machen, so kann diesen untern Enden der Kurven keine große Bedeutung zugeschrieben werden.

Wir haben nun für die verschiedenen Formen aus unsern Charakteristiken der Fig. 1 die Volt-Druckkurven abgeleitet. Sie sind in Fig. 8 wiedergegeben.

Die Kurven der Entladungsformen 1 und 1a steigen mit steigendem Druck anfangs und werden nachher konstant oder überschreiten ein Maximum (wenigstens bei den 1a-Werten). Je kleiner die Stromstärke, um so niedriger liegt die Kurve. Bei den Formen 2, 3 und 3a ist das Verhalten gerade umgekehrt, sie laufen durch ein Minimum. Bei 3 und 3a wandert das Minimum mit wachsender Stromstärke nach kleineren Drucken. Wir beschränken uns auch hier wie überall darauf, die Resultate in Form von Kurven wiederzugeben.

1) Fröhlich, Elektrotechn. Zeitschr. **4**, 150, 1883.

1) L. Duncan, A. J. Rowland u. R. J. Todd, Elektrotechn. Zeitschr. **14**, 603, 1893.

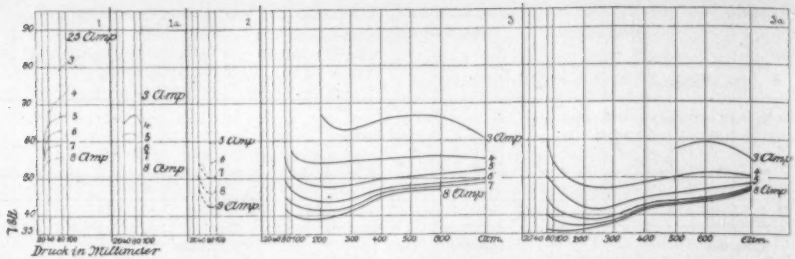


Fig. 8. Volt-Druckkurven. *Cu*-Bogen in Luft für die Entladungsformen 1, 1a, 2, 3, 3a, bei Stromstärken von 2,5 bis 9 Amp.

Glimmentladung.

Vermindert man die Stromstärke durch Zuschalten von Widerstand, so erlischt der Bogen bei einer ganz bestimmten Stromstärke oder aber er schlägt in Glimmentladung über. Nach der heutigen Auffassung des Bogenmechanismus nimmt man ja an, daß dies eintritt, sobald die durch positive Ionen zugeführte Energie nicht mehr genügt, um die Kathode an der Oberfläche bis zum Verdampfen zu erhitzen. Bei einer Netzspannung von 220 Volt ist dieses Umschlagen nie erfolgt, wohl aber bei 440, besonders wenn der Elektrodenabstand klein war. Wir haben die Glimmentladung in Luft, Kohlensäure und Stickstoff beobachtet.

In Luft erhält die Kathode einen blauvioletten Überzug, das negative Glimmlicht, das je nach Stromstärke einen größeren oder kleineren Teil der Elektrode überzieht. Es hat fleckiges Aussehen, wenn die Oberfläche der Elektrode wegen verschiedener Stromdichte teilweise oxydiert ist, es ist aber bei frisch geputzter Elektrode gleichmäßig. An der Anode erschien ein rötlicher Wulst, der sich bei geeigneter Verdünnung als Schicht ablöste. Spektrophotogramme, welche von den einzelnen Partien getrennt aufgenommen wurden, zeigten an der Anode nur die positiven Stickstoffbanden, an der Kathode die positiven und die negativen gemischt.

Mit 440 Volt konnte der Elektrodenabstand bei 100 mm nur bis 0,2 cm erweitert werden, bei 20 mm aber bis 0,5 cm, ohne daß der Bogen erlosch.

Glimmlicht- und Bogencharakteristiken lassen sich über ein ganzes Stück parallel verfolgen, wie schon Cady und Arnold hervorheben. Wenn man die Verhältnisse passend wählt, so spielt es auch zwischen den beiden Entladungen hin und her, d. h. es schlägt sowohl Glimmlicht in Bogen um als auch umgekehrt. Die Charakteristik des Glimmlichtes ist bei höherem Druck fallend, bei niederem steigend, was durch folgende Angaben erläutert sei.

Druck 80 mm, durchströmende Luft Elektrodenabstand 0,5 cm		Druck 45 mm Elektrodenabstand 1 cm	
Volt	Ampere	Volt	Ampere
405	0,16	398	0,37
402	0,20	398	0,41
400	0,29	398	0,47
400	0,38	392	0,49
390	0,48	390	0,56

Druck 1 mm Elektrodenabstand 1 cm	
Volt	Ampere
399	0,033
401	0,036
404	0,045
410	0,051
415	0,070
417	0,075
417	0,083

Simon und Malcolm machen die Bemerkung, daß bei Kupfer in Wasserstoff bisweilen die Kathodenschicht der Glimmentladung die Form einer gezähnten Kreiselscheibe besaß. Wir haben einmal bei Kupfer in Luft dieselbe Erscheinung beobachtet und zudem rotierte sie. Wurde der Strom verstärkt, so hörte die Rotation auf, bei noch stärkerem Strom rotierte sie in umgekehrter Richtung. Wir haben das höchst auffällige Phänomen nicht weiter verfolgt.

Die Glimmentladung in Kohlensäure erfordert ein bedeutend höheres Potential als in Luft (etwa 430 Volt) und ist deshalb nur bei ganz niederem Druck mit 440 Volt möglich. Das negative Glimmlicht ist rotviolett gefärbt, an der Anode ist eine grünliche Lichterscheinung. Die Beobachtung mit dem Spektroskop zeigt die Swanbanden. Wir haben keine Messungen gemacht.

In Stickstoff ist die Elektrodenspannung geringer wie in Luft. Es stimmt das mit den Messungen von A. Herz[1]) überein, wonach das

1) A. Herz, Wied. Ann. **54**, 244, 1895.

Potentialgefälle im Glimmlicht durch Sauerstoff erhöht wird. Wir konnten bis 300 mm Druck das Glimmlicht verfolgen. Hier einige Daten:

Druck 300 mm	Abstand 0,2 cm
Volt	Ampere
390	0,22
Druck 200 mm	**Abstand 0,2 cm**
Volt	Ampere
388	0,31
372	0,51
Druck 70 mm	**Abstand 0,5 cm**
Volt	Ampere
379	0,20
394	0,31
382	0,67

Wir haben also überall schwach fallende Charakteristik. Wir änderten ferner bei konstantem äußeren Widerstand die Elektrodendistanz und erhielten folgende Reihe:

Volt	Ampere	Elektrodenabstand
350	0,38	0,1 cm
360	0,34	0,2 „
373	0,30	0,3 „
383	0,25	0,4 „
398	0,20	0,5 „
410	0,13	0,6 „

Bei etwa 70 mm Druck lassen sich die verschiedenen Teile im Glimmlicht schön unterscheiden. Man sieht bei passendem Elektrodenabstand z. B. den Crookesschen Dunkelraum in Gestalt einer feinen schwarzen Linie die Kathode umhüllen. Evakuiert man weiter, so kommt man leicht über das Optimum hinaus und das Glimmlicht ist schlechter entwickelt.

Zusammenfassung und Schluß.

Durch unsere Untersuchung ist festgestellt, daß zwischen Kupferelektroden in Luft (und Kohlensäure) 6 charakteristische Kurven für die Bogenentladung existieren. Drei davon, welche wir als Entladungsformen 1, 2 und 3 bezeichnet haben, sind durch die drei möglichen Anodengefälle charakterisiert. Der Anodenfall von 1 ist der des Glimmstromes, der von 3 ist derjenige des normalen Bogens, und der von 2 ist dazwischenliegend, und bis jetzt ist davon noch nicht festgestellt, ob er sonst auch vorkommt. Die Ansatzstelle an der Anode leuchtet demnach bei 1 im positiven Glimmlicht (Stickstoffbandenspektrum), bei 3 als Bogen (Kupferlinienspektrum), bei 2 besteht sie in einem kugeligen Büschel, der aber punktförmig und nicht in einer Fläche die Anode berührt. Die Farbe dieses Büschels ist durch das Stickstoffbandenspektrum bedingt. Diese 3 Formen kommen auch in einer Stickstoffatmosphäre zustande. Zu jeder dieser Formen gibt es eine Zischform, welche durch Oxydation der Kathode entsteht. Kupferoxyd hat einen geringeren Kathodenfall, deshalb liegen diese Kurven unter den entsprechenden andern. In Stickstoff treten diese Entladungsformen nicht auf. Als wahrscheinlich wurde noch angegeben der Bogen zwischen oxydierter Anode und Kathode (Kurve 4 in Fig. 1).

Alle diese Formen haben wir bei einem Druck von 100 mm in Luft mit einer Netzspannung von 440 Volt bei einer Stromstärke von 5 Ampere konstatiert. Ohne bekannte äußere Veranlassung wechselt der Bogen zwischen diesen genannten Formen sprungweise. Ein allmählicher Übergang der einen Form in eine andere kommt nicht vor. Mit derselben Spannung kann man in Stickstoff schon bei viel höherem Druck — 500 mm — alle 3 Formen, 1, 2 und 3, erhalten. Hat man eine sehr hohe Netzspannung zur Verfügung, so wird man jedenfalls auch bei Atmosphärendruck in Luft alle Stadien finden können.

Die früher schon erwähnte Theorie des Bogens läßt diese Beobachtungen teilweise leicht erklären.

Wenn die Energie der in den gegen Anode und Kathode beweglichen Ionen groß genug ist, damit die beim Aufprallen produzierte Wärme die Elektroden zum Verdampfen bringt, so entsteht der normale Bogen, die Form 3. Genügt an der Anode die Energie nicht mehr, so entsteht der Glimmbogen, unsere Form 1. Daß also bei geringerer Stromstärke leichter 1 als 3 auftritt, ist klar. Nicht ohne weiteres zu erklären scheint uns aber die Tatsache, daß bei Druckverminderung für eine gegebene Stromstärke der Glimmbogen leichter erscheint. Die Ionisation nimmt doch offenbar mit abnehmendem Druck zu, die freie Weglänge nimmt auch zu, so daß man daraus nicht leicht schließen kann, daß die Energie kleiner werden soll. Man muß offenbar weitere unbewiesene Annahmen machen. Man könnte vermuten, daß die Ansatzstelle an der Anode verbreitert wird, wodurch die Wärmeproduktion auf eine größere Fläche verteilt wird und dann die Temperatur weniger leicht bis zum Siedepunkt steigt. Ferner läßt sich annehmen, daß beim geringeren Druck die Diffusion der Luftmoleküle in den Bogen stärker erfolgt, und daß die Ionisation der Luft einen größeren Teil der Energie aufbraucht wie die Ionisation des Kupferdampfes. Dadurch würde die Anodenoberfläche weniger Energie erhalten.

Die von uns als 2 bezeichnete Form läßt sich durch die Bogentheorie nicht erklären. Wir wollen uns vorläufig aller Vermutungen enthalten. Es wird notwendig sein, neues Beobachtungsmaterial zu schaffen, bevor man die theoretischen Spekulationen erweitert.

(Eingegangen 26. August 1910.)

Versuchsanordnung zu direkten photographischen Beobachtungen an Kanalstrahlen in reinen Gasen mit Ausschluß von Wasserstoff.

Von J. Koenigsberger.

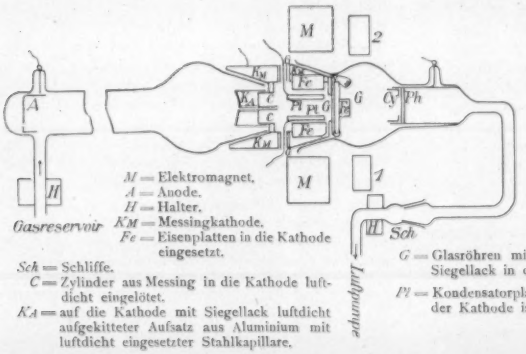
Einer freundlichen Aufforderung folgend sei kurz die Versuchsanordnung[1]) beschrieben, mit der Beobachtungen an Kanalstrahlen direkt photographisch in reinen Gasen unter Ausschluß von Wasserstoff angestellt werden können.

Die Hauptpunkte, die dabei beobachtet werden müssen, sind folgende:

1. Zur direkten Photographie der Kanalstrahlen mit Expositionsdauer von 10—15 Sek. wird, wie J. Kutschewski und der Verf. gemal etwa 1 Stunde auf schwache Rotglut erhitzt worden sein.

Wenn man dann keinen Wasserstoff in das Rohr einläßt, oder jedenfalls vermeidet, bei Gegenwart von Wasserstoff elektrische Entladungen durch das Rohr gehen zu lassen, so bleiben die Metallteile wasserstofffrei, bzw. lassen sich bald davon reinigen. Spuren von Wasserdampf, die bei Einlassen von feuchter Luft in das Rohr gelangen, schaden nichts, wenn die Pumpe dauernd in Gang ist, da der entstehende Wasserstoff entfernt wird, ehe er Zeit hat, tiefer in das Metall einzudringen; denn die Wasserstoffabsorption durch die Metalle geht ziemlich langsam vor sich.

Metallteile, von denen keine elektrische Ent-



1 = Hülfsmagnet, dessen momentane Erregung dauerndes Öffnen des Verschlusses γ bedingt.

2 = Hülfsmagnet, der mit dem Magnet H zusammen den Verschluß gegen die Kathode luftdicht anpreßt.

Ph = geerdeter Zylinder mit Vorrichtung (einschiebbarer Zylinder Cy) zum Halten des photographischen Papieres.

V = Verschlußvorrichtung, die an der Kathode angebracht ist.

G = Gummiplatten.

M = Elektromagnet.
A = Anode.
H = Halter.
K_M = Messingkathode.
Fe = Eisenplatten in die Kathode eingesetzt.
Sch = Schliffe.
C = Zylinder aus Messing in die Kathode luftdicht eingelötet.
K_A = auf die Kathode mit Siegellack luftdicht aufgekitteter Aufsatz aus Aluminium mit luftdicht eingesetzter Stahlkapillare.

G = Glasröhren mit durchgeführten Drähten, luftdicht mit Siegellack in die Kathode eingekittet.

Py = Kondensatorplatten auf Glasplatten mit Siegellack von der Kathode isoliert.

funden haben, am besten das Chlor-Bromsilberpapier Velox der Kodakgesellschaft verwandt. Seine Lichtempfindlichkeit ist nicht groß, wohl aber relativ die Empfindlichkeit für Kanalstrahlen, wodurch das Arbeiten sehr erleichtert ist.

2. Um Wasserstoff, der bekanntlich bei geringen Drucken sehr leicht auftritt, aber, wie wir nachgewiesen haben, kein primäres Dissoziationsprodukt der Gase ist, zu vermeiden, muß folgendes beachtet werden[2]):

a) Die Kathode oder wenigstens die Teile derselben, von denen Kathodenstrahlen ausgehen, sowie am besten auch die Anode, müssen einladung ausgeht, brauchen nicht besonders von Wasserstoff befreit zu werden.

b) Eine weitere Quelle von Wasserstoff ist die Zersetzung des Wasserdampfs, der bekanntlich hauptsächlich von der Wasserhaut der Glaswände abgegeben wird. Durch stundenlanges Auspumpen unter vorsichtiger Erwärmung, am besten durch elektrische Entladung, wird die Wasserhaut entfernt. Wenn dies gelungen, so erfolgt auch die Wiederbildung der Wasserhaut nicht momentan. Man kann vielmehr ohne Gefahr kurz feuchte Luft einlassen und wieder auspumpen. Falls man der Kosten wegen die Quecksilberpumpe (nach Gaede, Kahlbaum, v. Reden u. a.) mit Wasserluftpumpe und nicht mit einer Ölpumpe vorevakuiert, so muß man besonders darauf achten, daß kein Wasserdampf aus der Pumpe in das Rohr gelangt. Man erreicht das und entfernt auch gleichzeitig den Quecksilberdampf, wenn man das Zufuhrrohr zur Pumpe U-förmig biegt und in flüssige Kohlensäure oder Luft taucht. Die Kühlung eines blind endigen-

1) Eine Versuchsanordnung mit Vermeidung von Schliffen ist an sich für einen einzigen Versuch einfacher und einwandfreier, aber für mehrere photographische Aufnahmen mühsamer. Bei Anwendung der hier angegebenen Vorsichtsmaßregeln kann man trotz der Schliffe in ganz reinen Gasen arbeiten und Wasserstoff völlig vermeiden.

2) Vgl. diese Zeitschr. 11, 666, 1910. Dort sind auch Proben von Photographien mit weiter Öffnung der Kathode gegeben worden, die aber in der Reproduktion recht undeutlich geworden sind.

den an die Zuleitung angeschmolzenen Rohres hat uns nicht so günstige Resultate ergeben, wie die oben beschriebene Art. Die Kühlung mit Kohlensäure genügt zur Entfernung des Quecksilberdampfes völlig und reicht auch zur Vermeidung des Wasserdampfs hin, falls außerdem ein Gefäß mit P_2O_5, das oft erneuert wird, in den Weg zur Pumpe eingeschaltet ist[1]). Wenn die anderen Vorsichtsmaßregeln beachtet werden, tritt keine Spur Wasserstoff in den Kanalstrahlen auf, was wohl die empfindlichste Probe auch auf Wasserdampf ist.

c) Wasserstoff entsteht ferner sehr leicht aus den Kohlenwasserstoffen des Ramsaykittes. Deshalb verfahren wir folgendermaßen: Reine Guttapercha wird mit gelber amerikanischer Vaseline, die als Auflösungsmittel dient, so lange stark erhitzt, bis die Vaseline wieder abgedampft ist. Es bleibt dann eine dunkel gefärbte klebrige Gummimasse zurück, die freie Kohlenwasserstoffe nur wenig mehr enthält und die für unsere Zwecke dem Ramsaykitt mit Paraffinzusatz, der nur teilweise abgedampft wird, vorzuziehen ist. Aber auch dann muß man vermeiden, daß der Gummikitt sich in der Nähe von Stellen befindet, von denen primäre oder auch schwache sekundäre Entladungen ausgehen. An elektrostatisch gut geschützten Stellen jedoch gibt dieser Kitt keine Dämpfe von mehr als 0,00001 mm Spannung ab, solange die Zimmertemperatur unter 20° bleibt. Auf jeden Fall genügt Kühlen des Schliffs mit Eiswasser.

d) Auf die oben beschriebene Art kann man das Rohr wasserstofffrei haben. Der Wasserstoffgehalt ist dann so gering, daß er in den Kanalstrahlen und spektralanalytisch nicht mehr wahrnehmbar ist. Alsdann tritt aber die spontane Erhöhung des Vakuums in bekannter Weise auf. Deshalb läßt man das zu untersuchende Gas, z. B. O_2, in ganz langsamem Strom bei fortdauerndem Auspumpen durchgehen. Es genügt ein so schwacher Strom von Gas, daß der Druck in der Nähe des Minimaldrucks, bei welchem Entladung selbständig hindurchgeht (etwa 0,001 mm), bleibt. Um bei geringerem Druck in reinem Gas arbeiten zu können, sind nur die erhitzbaren vorher von Wasserstoff befreiten Kathoden, z. B. Wehneltkathode, empfehlenswert. Metallisches Kalzium gibt dauernd Gase ab, solange es wirksam ist.

1) Diese Tatsache folgt auch nach freundlicher Mitteilung aus den Messungen von M. Knudsen (Ann. Phys. **32**, 809, 1910) mit seinem absoluten Manometer, das allein wirklich die Summe aller Partialdrucke gibt. Der Wasserdampfdruck unter obigen Bedingungen ist kleiner als 10^{-5} mm. Dagegen kann die Dampfspannung der Kohlenwasserstoffe, falls nicht ein besonderer Ramsaykitt verwandt wird, auch bei Kühlung mit flüssiger Luft lokal höher sein wegen langsamer Diffusion, und dies gibt zu Wasserstoffbildung Anlaß.

Die Bestimmung von e/m kann dann nach den bekannten von J. J. Thomson und W. Wien ausgearbeiteten Meßmethoden mit elektrischem und magnetischem Feld vorgenommen werden. Die Eichung der Felder kann auch mit Kathodenstrahlen in der Anordnung von Lenard mit bekannter beschleunigender Potentialdifferenz vorgenommen werden. Es wird dann ein entsprechendes Glasrohr auf den Schliff mit dem Rohr G an Stelle des Rohres für Kanalstrahlen aufgesetzt. Da für Kanalstrahlen eine größere Genauigkeit als 0,5 bis 1 Proz. wegen der Neutralisation uns nicht möglich scheint, genügen die vorliegenden Bestimmungen von $\frac{e}{m}$ für Kathodenstrahlen vollkommen. Doch ist hierbei noch folgendes zu beachten. Wie W. Wien, J. J. Thomson, E. Gehrcke und O. Reichenheim, J. Kutschewski und der Verf. gezeigt haben, ist für die Gase mit größerem Atomgewicht wegen ihrer geringeren Geschwindigkeit, die Neutralisation durch Zusammenstöße mit ruhenden Molekülen größer als bei Gasen wie Wasserstoff und Helium. Daher muß schon im Entladungsraum der Druck möglichst klein sein. Teilweise Neutralisation ist bei schwereren Gasen nach unserer Erfahrung überhaupt nicht zu vermeiden. Die Dissoziation des so entstandenen neutralen Strahls findet aber nach unseren Beobachtungen nur bei Wasserstoff in erheblichem Maß statt. Der Neutralisation wegen ist es erforderlich, ein kurzes magnetisches und elektrisches Feld am gleichen Ort anzubringen. Man wird deshalb auch suchen, unter Beibehaltung einer möglichst kurzen Wegstrecke zwischen Kathode und Papier, den Druck im Beobachtungsraum, wenn möglich, kleiner als im Entladungsraum zu wählen. Die von J. J. Thomson angewandten Pravaznadeln von etwa 0,3 mm Durchmesser geben schon bei etwa 5 cm Länge eine genügende Druckdifferenz, die sich nach den Untersuchungen von M. Knudsen für jeden bestimmten Druck berechnen läßt. Auf das Rohr können verschieden gestaltete Kathodenflächen aufgeschoben werden. Besonders starke Kanalstrahlen erhält man nach J. Stark durch Konzentration der Kathodenstrahlen mittels konkaver Kathode. Unmittelbar an diese schließt sich das möglichst kurze magnetische und elektrische Feld (letzteres mit kleinem Abstand der Kondensatorplatten) und hieran die photographische Vorrichtung. Ein magnetisch von außen zu öffnender Verschluß dient zur Regelung der Expositionsdauer und zum Abschluß des Rohrs gegen den Außendruck, wenn das photographische Papier ausgewechselt wird. Hierdurch erreicht man, daß das Vakuum im Rohr nicht verloren geht, wenn das Papier

ausgewechselt wird. Auch wird dann nachher der sehr kleine Luftraum der photographischen Kamera für sich ausgepumpt, was in wenigen Minuten erreicht ist und dann erst mit dem Rohr verbunden. Dadurch wird eine erhebliche Verunreinigung des Gases im Rohr durch die in die photographische Kamera hineingekommene Luft vermieden und Spuren von Luft sind bei der Durchströmungsmethode bald beseitigt. Der luftdichte Abschluß wird durch eine mit De Khotinskykitt auf *Al*-Platte aufgekittete Platte aus sauberem, weichem, dunklem Kautschuk erreicht. Einmal im Vakuum gut ausgepumpt, gibt der Kautschuk keine Gase mehr ab. Will man diesen vermeiden, so läßt sich ein guter ringförmiger Abschluß auch durch Aufschmieren von zähem Ramsaykitt auf harter Marineleimringunterlage auf die *Al*-Platte erzielen. Das ganze Rohr wird im mäßig verdunkelten Zimmer am besten mit schwarzem Tuch zugedeckt. Der zur photographischen Kamera gehörige Glasteil kann außen teilweise schwarz lackiert werden; es ist aber nicht nötig. Um zu prüfen, ob die Apparatur in Ordnung ist, wird an Stelle des photographischen Papiers event. ein Schirm mit Willemit eingeschoben. Zum Einkitten der Drähte und Glasröhren wird der weiße Siegellack, den W. Wien angibt, verwendet. Nach unserer Erfahrung gibt er im Vakuum nicht merklich Dämpfe ab.

Freiburg i. B., Mathem.-physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 28. August 1910.)

Anemometer für Ionenaspiratoren.

Von M. Rosenmüller.

Die experimentelle Ermittlung des Ionengehaltes der Luft erfordert die Kenntnis bezüglich Messung des vom Aspirator angesaugten Luftvolumens. Die von den betreffenden Firmen gemachten Angaben über die Fördermenge genügen nicht und zwar aus dem folgenden Grunde. Es zeigt sich nämlich, daß mit abnehmendem Luftdrucke eine erhebliche Beschleunigung im Turbinengange eintritt, so daß bei verschiedenen Luftdrucken die geförderten Luftmengen sehr verschieden sind. Bei genauen Messungen des Ionengehaltes der Luft ist es daher unerläßlich, die vom Aspirator geförderte Luftmenge unmittelbar durch Anemometer zu messen.

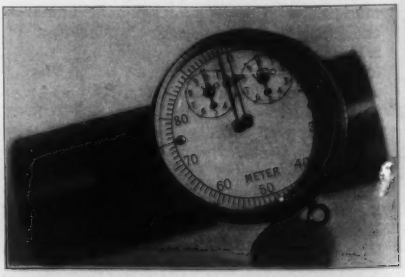
Von den verschiedenen Systemen der Anemometer eignen sich für den vorliegenden Zweck am besten die Flügelrad-Anemometer, da sie das geförderte Luftvolumen nahezu unabhängig von der Dichte der Luft genau angeben. Diese Tatsache habe ich durch eingehende Versuche mit ein und demselben Anemometer bei verschiedensten Luftdrucken bestätigt gefunden. Auch mit der Theorie dieser Instrumente ist das angedeutete Verhalten im Einklang. Es besteht nämlich für den Zusammenhang zwischen Luftgeschwindigkeit w und Geschwindigkeit v des Mittelpunktes einer Schaufelfläche die folgende von Combes aufgestellte Anemometergleichung:

$$w = \sqrt{\frac{2R \cdot r \cdot g}{\delta \cdot f \cdot \varrho \cdot \sin\varphi \cos^2\varphi}} + v \operatorname{tg}\varphi = a + b n,$$

wobei φ der Neigungswinkel der Schaufeln gegen die Windrichtung, $R \cdot r$ das Drehmoment der Reibung, $\frac{\delta}{g}$ die Masse eines cm³ Luft, f die Schaufelfläche, ϱ der Abstand des Druckmittelpunktes einer Schaufelfläche von der Drehachse, n die Umdrehzahl des Wetterrades pro Sekunde, a und b Konstanten bedeuten, deren Größe aus der linken Seite der Gleichung hervorgeht.

Von den beiden Konstanten a und b ist nur a vom Luftdruck abhängig und zwar umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Dichte der Luft. Da überdies a klein ist gegenüber $b \cdot n$, kann der Einfluß der Dichte auf die genaue Anzeige der geförderten Luftmenge vernachlässigt werden.

Auf Veranlassung des physikalischen Institutes der Universität Göttingen habe ich daher ein Anemometer zum Einbau in Ebertsche Ionenaspiratoren konstruiert (Figur).



In einem Rohr von 90 mm Länge und 34 mm Durchmesser ist das Wetterrad in Steinlöchern gelagert eingebaut und überträgt seine Bewegung mittels Schnecke und Schneckenrad auf das Zählwerk, welches sich an der Peripherie des Schutzrohres befindet. Die Flügel

sind nach den Erfahrungen Recknagels möglichst steil gestellt, damit die Anemometergleichung in möglichst weiten Grenzen linear ist und Gültigkeit besitzt[1]). Die Eichung des Instrumentes erwies die lineare Beziehung als bestehend.

Die Fabrikation und Eichung hat die Anemometerfabrik von Georg Rosenmüller, Dresden-N. 6 übernommen.

1) Recknagel, Wied. Ann. 1878, S. 149.

(Eingegangen 7. August 1910.)

Bemerkung zu den Arbeiten des Herrn K. Abels „Verschiebung der Interferenzstreifen, aufgefaßt als Lichtschwebungen infolge des Dopplereffekts."

Von O. M. Corbino.

Der Gedanke, den Herr Abels in zwei kürzlich erschienenen Arbeiten (diese Zeitschr. **11**, 503, 671, 1910) ausführt, nämlich daß sich die Interferenzstreifenverschiebungen bei Berücksichtigung des Dopplerschen Prinzips oftmals als Lichtschwebungen auffassen lassen, wurde von mir schon im Jahre 1899 (Rend. Lincei **8**, 171, 1899, Nuovo Cimento **9**, 391, 1899) mit denselben Worten ausgesprochen und eingehendst erörtert. Ich erklärte damals auf diese Weise die Streifenverschiebung, die von Fizeau und Foucault beobachtet wurde bei Bewegung eines der zwei Fresnelschen Spiegel, die Verschiebung der Newtonschen Ringe bei Veränderung des Abstandes der zwei Flächen, zwischen denen sie hervorgebracht werden, die Streifenverschiebung im Interferenzmesser von Michelson usw. Und mit Benutzung eines Satzes von Airy über den Zustand des Lichtes, welches von einem rotierenden Nicol ausgeht, erklärte ich ferner auch das, was man an diesem Lichte mit einem festen Nicol beobachten kann, als Lichtschwebungen.

In derselben Arbeit sind auch die zwei verschiedenen Erklärungsweisen der Streifenverschiebung, die statische und die kinematische, besprochen und die Analogie mit der bekannten Anordnung von Righi dargelegt. Übrigens hatte schon Prof. Righi bemerkt, daß die Erscheinung auch statisch erklärt werden kann, indem man die aufeinanderfolgenden Stellungen der Streifen, welche den aufeinanderfolgenden Stellungen des beweglichen Teiles entsprechen, berechnet.

Mir scheint daher, daß die zwei Arbeiten des Herrn Abels nicht viel Neues über den Gegenstand bringen.

Rom, Physikalisches Institut der Königl. Universität.

(Aus dem Italienischen übersetzt von Hilde Barkhausen.)

(Eingegangen 19. August 1910.)

Lichtschwebungen und Dopplereffekt.

Bemerkung zur Notiz von K. Abels.

Von R. W. Wood.

Die kinematische Deutung der Interferenzstreifenverschiebung bei einem Michelson-Interferenzrefraktometer als Folge der Änderung der Wellenlänge, die nach dem Dopplerprinzip bei Reflexion an einem bewegten Spiegel eintritt, ist schon seit vielen Jahren bekannt. In meinem Buche „Physical optics" (Macmillan 1905) ist sie auf Seite 115 erwähnt: „Es verdient auch bemerkt zu werden, daß die Bewegungen der Streifen, welche man bei einem Michelsonschen Interferenzrefraktometer beobachtet, wenn der rückwärtige Spiegel genähert wird, als Lichtschwebungen aufgefaßt werden können, indem die Wellenlänge des einen Strahles nach dem Dopplerschen Prinzipe bei der Reflexion an dem bewegten Spiegel kleiner wird."

Mr. A. B. Porter hatte 1905 im „Science" eine Arbeit über diesen Gegenstand veröffentlicht, wodurch meine Aufmerksamkeit darauf gelenkt worden ist. Die Behandlung des Righischen Versuchs auf statische Art pflegte ich in meinen Vorlesungen zu bringen, obwohl ich sie in meinem Buche nicht erwähnt habe. Daß diese Art der Behandlung ebensogut wie die kinematische angewendet werden kann, muß wohl jedem klar gewesen sein. Der Versuch war höchst sinnreich, trotzdem ich völlig mit Herrn Abels darin übereinstimme, daß er keinen neuen Beitrag zur Frage der Lichtschwebungen lieferte.

(Aus dem Englischen übersetzt von Hilde Barkhausen.)

(Eingegangen 28. August 1910.)

NACHTRAG ZUM BERICHT ÜBER DIE 17. HAUPTVERSAMMLUNG DER DEUTSCHEN BUNSENGESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE PHYSIKALISCHE CHEMIE VOM 5.—8. MAI 1910 ZU GIESSEN.

Die Normalelemente.

Von Ernst Cohen.

Hochansehnliche Versammlung! Ich möchte Ihnen in aller Kürze eine Übersicht geben über den heutigen Stand des Problems der Normalelemente, wobei speziell die in den letzten Jahren ausgeführten Untersuchungen in den Vordergrund treten werden, da dieselben zur Feststellung der Desideraten führen, auf deren Erfüllung wir in Zukunft noch zu hoffen haben.

Daß von den verschiedenen sogen. Normalelementen schließlich nur eins übriggeblieben ist, daß wir heute nur mit dem Westonschen Kadmiumelement zu rechnen haben, dürfte hier bekannt sein.

Darunter versteht man bisher ein Element, das nach folgendem Schema zusammengesetzt ist:

Kadmium-amalgam 12,5 Gew.-prozent	Gesättigte Kadmiumsulfatlösung mit festem Bodenkörper $CdSO_4 \cdot {}^8/_3 H_2O$	Hg_2SO_4—Hg.

Zwar findet sich im Handel ein Element „Weston-Normalelement" genannt, das als Elektrolyten eine bei $+4^0$ gesättigte Kadmiumsulfatlösung enthält (ohne Kristalle), doch ist dies kein eigentliches Normalelement. Die Messungen, in dem Laboratoire Central d'Electricité zu Paris ausgeführt, haben übrigens ergeben, daß die Tatsache, daß der feste Bodenkörper fehlt, zu gröberen Störungen in der EK bei bestimmter Temperatur Anlaß geben kann. In letzter Zeit ist, wie eine in meinem Laboratorium von Herrn chem. Cand. H. G. F. Kaiser ausgeführte Analyse ergab, die Zusammensetzung des Amalgams dieses Elementes ohne Bodenkörper etwa 9,5 Gewichtsprozent. Wir kommen darauf weiter unten zurück.

Das Clarksche Normalelement soll hier nicht weiter besprochen werden; sein großer Temperaturkoeffizient (etwa 1 Millivolt pro Grad) stellt sich der allgemeinen Verwendbarkeit dieser Kette als Normale entgegen.

Wenden wir uns nun ausschließlich dem Weston-Kadmiumelement zu, so läßt sich feststellen, daß jeder der Stoffe, die sich in diesem Element befinden, im Laufe der Zeit zu einer Diskussion Anlaß gegeben hat. Ob die Korngröße des Merkurosulfats einen Einfluß auf die EK der Kette ausübt, soll vorläufig dahingestellt bleiben. Eine Untersuchung über diesen Punkt, die ich mit Herrn Professor Katsuji Inouye unternommen habe, ist noch nicht zum Abschluß gebracht. Wir beabsichtigen, uns mittels derselben ein Urteil zu bilden über die sich widersprechenden Resultate, die von v. Steinwehr in der Phys.-Techn. Reichsanstalt einerseits, von Wolff und Waters in dem Bureau of Standards in Washington andererseits erhalten wurden.

Die von Hulett studierte Frage, welche Rolle die Hydrolyse des Merkurosulfats spielt, scheint mir bisher nicht endgültig gelöst zu sein. Herr Dr. P. J. H. van Ginneken in Utrecht hat dieses Problem einer phasentheoretischen Betrachtung unterzogen, die demnächst a. a. O. zur Veröffentlichung gelangen wird.

Für heute möchte ich ganz speziell Ihre Aufmerksamkeit auf die Untersuchungen lenken, die das im Westonschen Kadmiumnormalelement zu verwendende Kadmiumamalgam betreffen.

Nachdem ich vor etwa 10 Jahren gefunden hatte, daß das Verhalten des 14,3 gewichtsprozentigen Amalgams zu ganz erheblichen Störungen der EK Anlaß geben kann, ist dann von Herrn Dr. H. C. Bijl im Amsterdamer Laboratorium unter Leitung meines leider zu früh dahingegangenen Freundes Bakhuis Roozeboom und von mir selbst eine ausführliche phasentheoretische Untersuchung über die Kadmiumamalgame ausgeführt worden. Dieselbe hat uns ebenfalls einen Einblick gegeben in das elektromotorische Verhalten dieser Systeme. Fig. 1 stellt das Schmelzdiagramm des Systems Kadmium-Quecksilber dar. Von diesem Diagramm interessiert uns hier speziell der in Fig. 2 in vergrößertem Maßstabe dargestellte Teil.

Indem ich für die Einzelheiten auf die Bijlsche Arbeit verweise, sei hier nur hervorgehoben, daß das elektromotorische Verhalten eines Amalgams von gegebener prozentischer Zusammensetzung nur so lange von derselben unabhängig ist, als man sich bei Temperaturen befindet, wo dasselbe ein Zweiphasensystem bildet, somit heterogen ist. Mittels des in Fig. 2 dargestellten Diagramms ist es also möglich, vorherzusagen, welche Amalgame wohl, welche nicht brauchbar sind zur Herstellung von Nor-

malen, die innerhalb eines bestimmten Temperaturintervalls benutzt werden sollen.

Das bisher von mehreren Seiten empfohlene 12,5 gewichtsprozentige (20,2 atomprozentige) Kadmiumamalgam bildet bei Temperaturen unterhalb etwa 14° nicht mehr ein Zweiphasensystem: Demnach wird unterhalb dieser Temperatur die EK eines derartigen Amalgams nicht

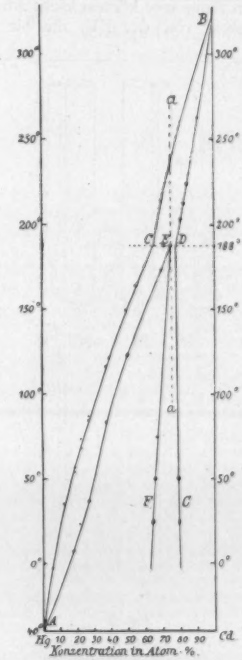


Fig. 1.

mehr unabhängig von seiner Konzentration sein, und dementsprechend wird, wie die Versuche Bijls dargetan haben, die Zusammensetzung ihren Einfluß auf die EK der betreffenden Kadmiumelemente in dem genannten Temperaturintervall geltend machen.

Das hier für das 12,5 gewichtsprozentige Amalgam Mitgeteilte läßt sich nun, wie die Fig. 2 zeigt, mutatis mutandis auf die anderen Kadmiumamalgame anwenden. Obwohl dieses Resultat bereits im Jahre 1901 erhalten wurde und ich mehrmals auf seine Wichtigkeit für die Herstellung von Normalelementen hingewiesen habe, ist es leider bisher völlig übersehen worden. Erst vor kurzem hat F. E. Smith nochmals darauf hingewiesen: „The research of Bijl was especially complete, and its value appears to have been overlooked in much of the recent work on the standard cell."

In nahem Zusammenhange mit diesen Ergebnissen steht die Tatsache, daß wir bisher noch keine Temperaturformel für die EK des Kadmiumnormalelements kennen, die dem wahren Tatbestande entspricht.

Zwar findet man in dem Report of the

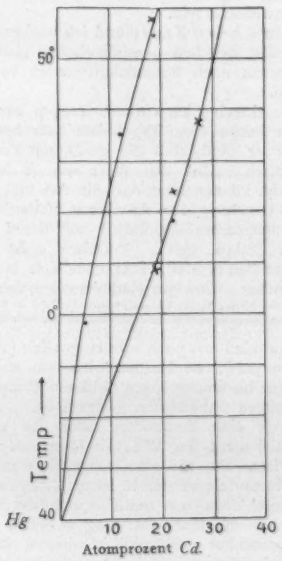


Fig. 2.

International Conference on Electrical Units and Standards 1908 eine solche angegeben, die für das Kadmiumnormalelement mit 12,5 gewichtsprozentigem Amalgam zwischen 0 und + 40° gelten soll, doch ist dieselbe, wie von Herrn Dr. Kruyt und mir auf thermodynamischem Wege nachgewiesen wurde, prinzipiell unrichtig. So sind denn auch die von verschiedenen Seiten aufgestellten Temperaturformeln nicht identisch, was tatsächlich der Fall sein müßte, wenn sie den wahren Sachverhalt vorstellen würden. Außerdem aber ließ

sich auch nachweisen, daß nur dann eine kontinuierlich verlaufende Temperaturgleichung aufgestellt werden kann, falls man dieselbe ableitet aus Beobachtungen, die angestellt sind an Ketten, die in dem untersuchten Temperaturintervall ein stets heterogenes Kadmiumamalgam als negativen Pol besitzen. Aus dem Bijlschen Diagramm ergibt sich, daß ein achtgewichtsprozentiges Kadmiumamalgam zwischen -4^0 bis $+40^0$ diesen Anforderungen entspricht, und daß es demnach möglich sein wird, für ein Element, das ein solches Amalgam enthält, eine kontinuierlich verlaufende Gleichung abzuleiten. Systematische Messungen in dieser Richtung liegen bisher nicht vor und dürften sehr erwünscht sein.

Ferner haben Kruyt und ich nachgewiesen, daß selbst zwischen quasiidentischen Kadmiumamalgamen noch Potentialdifferenzen vorliegen können.

Die eingehenden Untersuchungen von F. E. Smith haben diese Ergebnisse aufs beste bestätigt; er fand, daß die genannten Potentialdifferenzen selbst den Wert von 3 Millivolt erreichen können, und daß die Art und Weise der Darstellung der Amalgame (Abschrecken bezw. langsames Abkühlen) zu diesen Differenzen Anlaß gebe. Praktisch geht dieses Resultat dahin, daß, falls man sich in einem bestimmten Momente Kadmiumnormalelemente herstellt, dieselben Abweichungen bis 3 Millivolt untereinander zeigen können; diese Abweichungen verschwinden erst nach sehr langer Zeit (Wochen bis Monaten); sie können wiederum auftreten, falls eine bestimmte Kette größeren Temperaturänderungen unterworfen gewesen ist.

Noch eine Bemerkung über das Weston-Normalelement der Weston Company finde hier Platz. Da, wie oben mitgeteilt wurde, das Kadmiumamalgam der in letzter Zeit gelieferten Elemente etwa 9,5 gewichtsprozentig ist, so dürfte es in dieser Richtung zwischen 0 und 40^0 brauchbar sein, da in diesem Intervall dieses Amalgam sich im heterogenen Gebiete befindet. Da die Lösung, die die Kette enthält, bei $+4^0$ gesättigt ist, so soll das Element aber nicht unterhalb dieser Temperatur benutzt werden. Über die Störungen, die dennoch auftreten können, ist bereits oben berichtet worden.

Schließlich möchte ich noch betonen, daß von Herrn Dr. Kruyt und mir eine Form des Kadmiumnormalelements mit achtgewichtsprozentigem Amalgam konstruiert worden ist, die sich für den Transport eignet. Speziell dazu angestellte Versuche haben gezeigt, daß der Transport in keiner Weise die EK dieser Ketten beeinflußt.

In Fig. 3 ist in der oberen Zeichnung das betreffende Gefäß gezeichnet, wie es vom Glasbläser geliefert werden soll; die untere Figur zeigt den Apparat nach dem Füllen und Zuschmelzen. Für die Einzelheiten verweise ich auf die betreffende Abhandlung in der Zeitschr. f. physik. Chemie **72**, 84, 1910.

Das oben Mitgeteilte läßt sich kurz wie folgt zusammenfassen:

1. Kadmiumnormalelemente ohne festen Bodenkörper sind keine Normalelemente im eigentlichen Sinne und können leicht Abweichungen aufweisen von der EK, die sie bei bestimmter Temperatur haben sollen, selbst wenn das darin vorhandene Kadmiumamalgam den weiter unten zu nennenden Anforderungen entspricht.

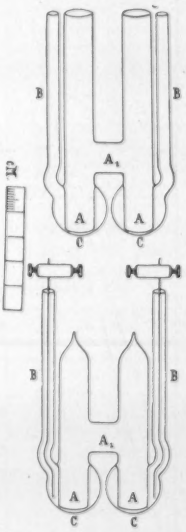


Fig. 3.

2. Der Einfluß des Merkurosulfats (Verteilung, Hydrolyse) auf die EK des Kadmiumnormalelements (mit festem Bodenkörper) ist noch einem fortgesetzten Studium zu unterziehen.

3. Das 12,5 gewichtsprozentige Kadmiumamalgam ist ungeeignet für Kadmiumnormalelemente, die im Intervall 0 bis 40^0 benutzt werden sollen. Dieses Amalgam wäre brauchbar im Intervall 14 bis 60^0.

4. Ein achtgewichtsprozentiges Kadmium-

amalgam ist geeignet für Kadmiumnormalelemente, die im Temperaturintervall -4^0 bis $+40^0$ brauchbar sein sollen.

5. Eine richtige Temperaturformel für die EK des Kadmiumnormalelements ist (und konnte) bisher noch nicht gegeben worden. Die von der International Conference on Electrical Units and Standards 1908 vorgeschlagene Formel entspricht dem Tatbestande nicht und soll durch eine neue ersetzt werden, die sich gründet auf Messungen an Normalien (zwischen -4^0 und $+40^0$ ausgeführt), die ein achtgewichtsprozentiges Kadmiumamalgam enthalten.

6. Die Vorgeschichte der in den Normalelementen benutzten Kadmiumamalgame hat einen ausgesprochenen Einfluß auf deren EK. Nichtbeachtung derselben kann zu groben Fehlern (3 Millivolt) führen.

7. Es ist möglich, ein ein achtgewichtsprozentiges Kadmiumamalgam enthaltendes Normalelement zu konstruieren, das transportfähig ist.

8. Das Bijlsche Schmelzdiagramm des Systems Kadmium-Quecksilber sollte mehr, als es bisher der Fall war, bei dem Studium der Kadmiumnormalelemente beachtet werden.

(Eingegangen 23. August 1910).

BESPRECHUNGEN.

Gustav Mie, Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Eine Experimentalphysik des Weltäthers für Physiker, Chemiker, Elektrotechniker. gr. 8. XX u. 736 S. mit 361 in den Text gedruckten Abbildungen. Stuttgart, F. Enke. 1910. Geb. M. 18,60

Wenn auch im allgemeinen an den verschiedensten Lehrbüchern der Elektrizität und des Magnetismus kein Mangel ist, so muß man doch dem Verfasser recht geben, wenn er im Vorwort darauf hinweist, daß es an einem Werke fehle, welches, im Rahmen einer elementaren Einführung gehalten, die Maxwell-Faradayschen Anschauungen und ihre moderne elektronentheoretische Weiterbildung in konsequenter Weise von Anfang an zur Grundlage nimmt. Daß der Verfasser, der sich ja mit den Grundlagen der Maxwellschen Theorie in ganz spezieller Weise beschäftigt hat (man vergleiche außer den Originalarbeiten das Referat von Witte in seinem Buche über die mechanischen Erklärungen der elektrischen Erscheinungen), mit großem didaktischen Geschick zu Werke gehen würde, war nach der kleinen Schrift „Moleküle, Atome, Weltäther" nicht anders zu erwarten. In dem vorliegenden Buche, dessen Umfang etwa durch das in den Experimentalvorlesungen meist Gebotene charakterisiert werden kann, ist es Herrn Mie offenbar darum zu tun, den Leser zu anschaulichem, klarem Erfassen der Grundlagen zu bringen. Der Äther — das ist der rote Faden, der sich durch das ganze Werk hindurchzieht. Die Materie wird als Aggregat von Molekülen, Atomen, Elektronen — letztere als Singularitäten des Äthers definiert — dem Anschauungsbedürfnis des Studierenden entgegengebracht, aber mit gebührender Präzisierung dessen, was hier terra incognita ist. Der Zusammenhang zwischen Äther und Materie wird drastisch diskutiert und immer betont, „daß alle Äthervorgänge nur an ihren Wirkungen auf greifbare Körper studiert werden können". Um hier kein Mißverständnis aufkommen zu lassen: es wird betont, daß man die Äthervorgänge nicht auf mechanische Grundlagen stellen kann, sondern die Mechanik aus elektromagnetischen Vorgängen abzuleiten bestrebt ist.

Vielleicht wird eine derartige, von der historischen Seite des Stoffes weniger Notiz nehmende Einführung nicht in allen Kreisen gebilligt werden — da sei entgegnet, daß es gar nicht genug angestrebt werden kann, den Leser zu persönlich interessiertem spekulativem Verarbeiten des Stoffes zu führen. Dazu ist das Buch vortrefflich geeignet; die Darstellung ist breit, sie soll offenbar das gesprochene Wort möglichst ersetzen.

Seine besonderen Ansichten hat der Verfasser über die Maßsysteme: „Aus der alten mechanistischen Epoche schleppen wir noch immer als beschwerlichen Ballast die beiden sogenannten absoluten Maßsysteme mit, die wirklich zu nichts weiter taugen, als den Blick vom Wesentlichen abzulenken und das Eindringen in die elektromagnetische Denkweise zu erschweren." Benutzt wird das technische Maßsystem. Hingewiesen sei aber noch besonders auf einen lichtvollen Abschnitt über das Prinzip der Relativität. Dieses Kapitel wird auch der mit Interesse lesen, dem das Buch sonst nichts Neues bietet. Zum Gebrauch bei physikalischen Experimentalvorlesungen ist das Buch warm zu empfehlen.

H. Hörig.

Berichtigung.

Die Figur 1 meiner Abhandlung „Zur Theorie des Ballonvariometers", diese Zeitschr. II, 763, 1910, wurde durch ein Versehen beim Druck unrichtig orientiert abgedruckt. Sie ist im Sinne des Uhrzeigers so weit zu drehen, daß die mit A bezeichnete Kapillare parallel den Zeilen zu liegen kommt.

A. Bestelmeyer.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Berlin Dr. H. Barkhausen für Theoretische Elektrotechnik, an der Deutschen Technischen Hochschule Brünn Dr. Czepek für Elektrotechnik und Dr. Fanta für Mathematik und Versicherungswesen, an der Technischen Hochschule Wien Dr. Rothe für Mathematik, an der Universität Zürich Dr. Biberbach für Mathematik, am Polytechnikum Zürich Dr. Perrier für Physik.

Ernannt: Der Privatdozent an der Universität Königsberg Dr. Alfred Benrath zum a. o. Professor für Chemie, der Privatdozent für allgemeine Chemie an dem Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich Dr. E. Berl zum Chefchemiker der Fabrique de Soie artificielle de Tubize in Belgien, der Professor der analytischen Chemie an der École nationale supérieure des Mines in Paris Dr. Gabriel Chesneau zum Sous-directeur dieser Anstalt (an Stelle

des verstorbenen Professors der Topographischen Übungen Dr. André Pelletan), der a. o. Professor der physiologischen Chemie an der Universität Graz Dr. Fritz Pregl zum ord. Professor der angewandten medizinischen Chemie an der Universität Innsbruck, Dr. L. C. Karpinski zum Assistant Professor an der Universität von Michigan, der a. o. Professor der Physik an der Universität Grenoble Dr. Jean Thovert in gleicher Eigenschaft an der Universität Lyon, Dr. A. H. Warren zum Lecturer für Mathematik an der Universität Winnipeg, der Dozent für elektrotechnische Konstruktionen an der Technischen Hochschule Braunschweig Chefingenieur Oskar Brünig zum Leiter des staatlichen Technikums in Hamburg, Dr. H. Wren zum Professor der allgemeinen und angewandten Chemie am Municipal Technical Institute zu Belfast, der Privatdozent an der Universität Göttingen Dr. Max Levin zum Dozenten für physikalische Metallurgie an der Technischen Hochschule Aachen, Dr. H. Copaux zum Professor für allgemeine Chemie an der Ecole de physique et de chimie der Stadt Paris.

Verliehen: Dem Privatdozenten der Physik an der Universität Jena Dr. Karl Baedeker, dem Privatdozenten der Deutschen Technischen Hochschule Brünn Dr. Artur Szarvassi, dem bisherigen technischen Leiter der Chemischen Fabrik von C. A. F. Kahlbaum in Berlin Dr. Adolf Bannow der Titel Professor, dem ord. Professor der Chemie an der Universität Kiel Dr. Karl Harries der Titel Geh. Regierungsrat, dem ord. Professor der chemischen Technologie an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Hans Bunte der Charakter als Geheimer Rat.

Gestorben: Der ord. Professor der Chemie an der Universität Wien Hofrat Dr. Zdenko Hans Skraup, der frühere leitende Chemiker des Hauptlaboratoriums der Badischen Anilin- und Sodafabrik Hofrat Dr. Heinrich Caro in Dresden, der ord. Professor der Mathematik an der Universität Freiburg i. Br. Geheimer Rat Dr. Jakob Lüroth, der Honorarprofessor für Pharmazie und Untersuchung von Nahrungsmitteln an der Universität von Brüssel Dr. Jean Baptiste Depaire, der amerikanische Chemiker Professor Augustus Genth, der Chemiker der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft Kabelwerk Oberspree und Schriftsteller auf dem Gebiete der Kautschukliteratur Dr. S. Axelrod in Berlin.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1910/11.

Technische Hochschule Aachen.

Stark: Experimentalphysik I: Mechanik, Elektrodynamik, Atomdynamik, 4; Physikalisches Praktikum (mit Steubing und Meyer), a) Praktische Übungen aus allen Teilen der Physik für Anfänger, 4 oder 6, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen (Dissertationen), tägl. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kursus: Mechanik, Elektrizität, Magnetismus, 2. — **Meyer**: Die neueren Fortschritte in der experimentellen und theoretischen Physik, mit Demonstrationen, 1. — **Polis**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie I, 1; Meteorologische Technik, mit Übungen. — **Steubing**: Photographie, 1, Übungen, 2—3. — **Timpe**: Dynamische Probleme im Maschinenwesen, 1. — **Grotrian**: Physikalische Grundlage der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum, 8. — **Rasch**: Elektrische Bahnen, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. — **Brodt**: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum (mit Levy). — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Experimentalchemie, 2; Anorganisches Praktikum (mit Clören, Fischer, Scheen, Hallmann und Weise); Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum (mit Fischer). — **Rau**: Chemische Technologie, 4; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum (mit Lambris und Kron). — **Ruer**: Physikalische Chemie I, 3, Übungen, für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1. — **Clören**: Analytische Chemie, 2. — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 4. — **Fischer**: Elektrochemie, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik I, 6 bezw. 4, Übungen 2. — **Kutta**: Höhere Mathematik II, mit Übungen, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Kartenprojektion, 2 *g*. — **Kötter**: Darstellende Geometrie, 4, Zeichnen, 4; Graphische Statik, 2, Zeichnen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Reißner**: Mechanik I, 5, II, 3, Übungen, 1; Flugtechnische Aerodynamik, 3. — **Schumann**: Praktische Geometrie I, 3, II, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen und Geodätisches Praktikum II, 4; Ausgewählte Kapitel der Geodäsie, 1 *g*; Eisenbahntrassieren, 2. — **Haußmann**: Übungen im Markscheiden und Feldmessen, ½ Tag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Sphärische Trigonometrie, 1; Trigonometrische Übungen, 2. — **Wandhoff**: Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. —

Universität Basel.

Hagenbach: Experimentalphysik II: Optik, Wärme, Elektrizität, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerückte, tägl., für Anfänger (mit Veillon und Zickendraht), 8; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, 2 *g*. — **Vonder Mühll**: Analytische Mechanik, mit Übungen, 4; Ein Kapitel der mathematischen Physik, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 2 *g*. — **Veillon**: Vektoranalysis, 2 *g*. — **Zickendraht**: Spektroskopie, 2. —

Nietzki: Chemisches Vollpraktikum (mit Rupe und Fichter), tägl.; Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 2½; Chemisches Kränzchen (mit Rupe und Fichter), *g*. — **Rupe**: Organische Experimentalchemie, 5. — **Fichter**: Elektrochemie, 2; Maßanalyse und Gasanalyse, 1; Analytisches Halbpraktikum für Anfänger, 9. — **Kreis**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Übungen in der Untersuchung von Lebensmitteln, 4; Arbeiten im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. — **Müller**: Physikalische Chemie I, 2. —

Riggenbach: Sphärische Trigonometrie und Einleitung in die sphärische Astronomie, 3. — **Fueter**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen zur Differentialrechnung, 1 *g*; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 4, Seminar (mit Spieß), 1 *g*. — **Spieß**: Geometrische Konstruktionen, 2; Einleitung in die Theorie der Modulfunktionen, 2. — **Flatt**: Pädagogisches Seminar, mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung I, 3; Projektive Geometrie, 4. —

Universität Berlin.

Rubens: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5, Mathematische Ergänzung, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Arbeiten im physikalischen Laboratorium, für Geübtere (mit Wehnelt), tägl. — **Planck**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Mathematisch-physikalische Übungen, 1 *g*. — **Wehnelt**: Physikalisches Praktikum für Anfänger I und II (mit Blasius), 7, für Pharmazeuten, 3, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*. — **Slaby**: Elektromechanik I, 4, II, 2. — **Warburg**: Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Blasius**: Physikalischer Kursus für Mediziner, 3½; Übungen zum Praktikum, 1 *g*. — **Neesen**: Elementare Mechanik, 1½. — **E. Meyer**: Einführung in die moderne Maschinentechnik, 2; Anwendungen der Mechanik in der Flugtechnik, 1½; Technische Exkursionen, 2—3 Wochen, 1 Nachmittag *g*. — **Krigar-Menzel**: Mechanik der Massenpunkte

und starren Körper, 4. — **Weinstein**: Theorie des Lichts, 3; Naturphilosophie, 1 *g*. — **Börnstein**: Experimentalphysik I, 3; Wetterkunde, 1; Physikalische Übungen, 4; Physikalische Arbeiten, tägl. — **Fock**: Einleitung in die Physik und Chemie, 1; Chemische Kristallographie, 1 *g*. — **Gehrcke**: Ausgewählte Kapitel aus der Optik, mit Experimenten, 1. — **Grüneisen**: Meßmethoden für Wechsel- und Hochfrequenzströme, 2. — **Kiebitz**: Physikalisch-technische Übungen, 2. — **Hahn**: Die Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Henning**: Vektoranalysis und ihre Anwendung in der theoretischen Physik, 2. — **v. Baeyer**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 1. — **Regener**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1. — **Hellmann**: Allgemeine Klimatologie, 2; Meteorologisches Kolloquium, 1 *g*; Meteorologische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Schmidt**: Allgemeine Geophysik, 2; Geophysikalisches Kolloquium, 1½ *g*; Luftelektrizität, 1 *g*; Geschichte und Theorie künstlicher Verständigungsmittel, 1 *g*. — **Lefs**: Praktische Witterungskunde, 2. — **Scheffer**: Angewandte wissenschaftliche Photographie, mit praktischen Übungen, 1. —

E. Fischer: Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Gabriel, Pschorr, Diels, F. Fischer, Leuchs, Stähler), tägl., für Mediziner, 6. — **Nernst**: Physikalische Chemie, 4; Neuere Atomistik, 1 *g*; Physiko-chemisches Kolloquium (mit v. Wartenberg), 1 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im physikalisch-chemischen Laboratorium: a) anorganisch-chemisches Praktikum (mit Marckwald), tägl., b) Physiko-chemische Übungen, 7, c) physiko-chemische Arbeiten (mit v. Wartenberg), tägl. — **van't Hoff**: Ausgewählte Kapitel der allgemeinen Chemie, 1 *g*. — **Wichelhaus**: Technologie für Chemiker, 4, für Juristen, 2, Übungen, tägl.; Untersuchungen, tägl. — **Liebermann**: Organische Experimentalchemie I, 5; Praktische Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. — **Thoms**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, mit Experimenten, 4; Toxikologische Chemie, mit Experimenten, 1½; Praktische Übungen in der chemischen Analyse, in der Prüfung und Wertbestimmung von Arzneimitteln, in der Nahrungsmittelchemie (mit Mannich und Lenz), tägl. — **Biedermann**: Die künstlichen Farbstoffe, 2. — **Pschorr**: Organische Chemie: Benzolderivate, 1. — **Marckwald**: Analytische Chemie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Rosenheim**: Die chemischen Elemente, ihre Allotropie und einige ihrer binären Verbindungen, 1 *g*; Anorganisch-chemisches Praktikum (mit R. J. Meyer und Koppel), tägl.; Übungen in der Experimentalchemie (mit Koppel), 8; Praktische Übungen in der Gas- und Maßanalyse, 4. — **Traube**: Qualitative chemische Analyse, 1. — **v. Buchka**: Geschichte der Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 4. — **Jacobson**: Besprechung chemischer Tagesfragen, 1. — **Emmerling**: Gärungschemie, 1. — **R. J. Meyer**: Chemie der selteneren Elemente, mit Experimenten, 1. — **Spiegel**: Chemie der Alkaloide, 1. — **Neuberg**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Biochemie, tägl.; Anleitung zur Darstellung organisch-chemischer Präparate (organisch-chemisches Praktikum), tägl.; Tierchemische Übungen, 6. — **Sachs**: Technisch wichtigste Synthesen der organischen Chemie, 1. — **Koppel**: Lehre vom chemischen Gleichgewicht, 1 *g*. — **Diels**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Einführung in die organische Chemie I: Aliphatische Verbindungen, 1. — **Meisenheimer**: Anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch- und organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **F. Fischer**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Qualitative und quantitative Analyse, 2. — **Byk**: Photochemie, 2; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 1. — **Großmann**: Die Grundzüge der chemischen Technik und ihre Bedeutung für das deutsche Wirtschaftsleben, mit Demonstrationen und Exkursionen, 2; Übungen in technischer Ökonomik, mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Industrie, 1½ *g*. — **Löb**: Elektrochemie II, 1; Biochemie II, 1; Physiologisch-chemisches Laboratorium, tägl. — **Köthner**: Methoden für Atomgewichtsbestimmungen, 1. — **Mannich**: Qualitative chemische Analyse, unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1; Quantitative chemische Analyse unter Berücksichtigung der Methoden des Arzneibuchs, 1. — **v. Wartenberg**: Theorie chemisch-technischer Prozesse, 1. — **Stähler**: Angewandte anorganische Chemie, 2; Ionenhypothese und Elektrolyse, 1. — **Houben**: Über Laub- und Blüten-Riechstoffe, 1 *g*. — **Weigert**: Thermochemie, 1; Photochemische Probleme, 1. — **Lockemann**: Ausgewählte Kapitel aus der Biochemie, 1. — **Lenz**: Kursus in der chemischen Untersuchung von Blut, Magensaft, Harn, Kot usw., 2. — **Leuchs**: Neuere organische Arbeiten, 1. —

Schwarz: Differentialrechnung, 4, Übungen, 14 tägig, 2 *g*; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 4; Theorie der komplexen Zahlgrößen, 2 *g*; Mathematische Kolloquien für Vorgeschrittenere, 14 tägig, 2 *g*; Mathematisches Seminar (mit Frobenius und Schottky), 2 *g*. — **Foerster**: Geschichte der alten Astronomie, 2 *g*; Grundlehren der astronomischen Meßkunst, 1 *g*; Naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie, 1 *g*. — **Helmert**: Gradmessungen, 1 Höhenmessung, 1 *g*. — **Frobenius**: Algebra, 4. — **Schottky**: Allgemeine Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Potentialtheorie des Raumes und der Ebene, 4. — **Struve**: Sphärische Astronomie, 3; Praktische Übungen. *g*. — **Cohn**: Einführung in die Himmelsmechanik, 4; Übungen im Seminar für wissenschaftliches Rechnen, 2 *g*. — **Lehmann-Filhés**: Analytische Geometrie, 4; Bahnbestimmung, 4. — **Hettner**: Über unendliche Reihen, Produkte und Kettenbrüche, 2. — **Knoblauch**: Determinanten, 4; Raumkurven und Flächen, 4; Mathematische Übungen für jüngere Semester, 1 *g*. — **Scheiner**: Spektralanalyse der Gestirne, 3; Astrophysikalisches Kolloquium, 1 *g*. — **Marcuse**: Theorie und Praxis geographisch-, nautisch- und aeronautisch-astronomischer Ortsbestimmung, mit Übungen, 1½; Allgemeinverständliche Himmelskunde mit Lichtbildern, 1½. — **Schur**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Theorie der Integralgleichungen, 4. — **Kohlschütter**: Geographische Landmessung, 3, Übungen im Institut, 2 Abende, im Gelände, 1 Nachmittag *g*. — **Witt**: Theorie der Finsternisse, 2. —

Technische Hochschule Berlin.

Kurlbaum: Experimentalphysik, 4, für Architekten, 2; Physikalische Übungen, 8. — **F. Dolezalek**: Experimentalphysik, 4; Physikalische Übungen, 8; Physikalische Chemie, 2. — **Kalischer**: Die physikalischen Grundlagen der Elektrotechnik II, 2; Grundzüge der Potentialtheorie und ihre Anwendung in der Elektrizitätslehre, 2; Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. — **Krigar-Menzel**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Theorie der Wärme: Thermodynamik, 2. — **Grunmach**: Magnetische und elektrische Maßeinheiten und Meßmethoden, 2; Physikalische Maßbestimmungen und Meßinstrumente, 10. — **Felgentraeger**: Maß- und Gewichtswesen I, 2; Die Konstruktion der Spiegel- und Linseninstrumente, 2. — **Glatzel**: Meßapparate und Meßmethoden der drahtlosen Telegraphie, nebst Demonstrationen, 2. — **Gleichen**: Einführung in die medizinische Optik: Ophthalmologie, 2. — **Groß**: Mechanische Wärmetheorie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der mechanischen Wärmetheorie, 2; Einleitung in die Potentialtheorie, 2; Theorie des Galvanismus, 2; Gastheorie, 2; Grundzüge der Energetik, 2. — **Servus**: Mathematische Theorie des Lichts, 2. — **Zehnder**: Über physikalische Weltanschauungen, 1; Physikalisches Praktikum mit besonderer Berücksichtigung der Telegraphentechnik, 3—6. — **Kaßner**: Das Wetter und die Wetterkräfte in der Technik: Das Wasser (Verdunstung, Luftfeuchtigkeit, Niederschläge, Hochwasser), 1. — **Slaby**: Elektromechanik I: Einführung in die Elektrotechnik, 4, II: Hochfrequenztechnik und Theorie der Wechselstrom-Motoren, 2; Übungen im Elektrotechnischen Laboratorium (mit Wedding), 4

Tage. — **Strecker**: Elektrotelegraphie, 2. — **Franke**: Elektrische Schwachstromanlagen, 2, Übungen, 4; Die Technik des Fernsprechwesens in systematischer Darstellung, mit Exkursionen, 2, Übungen, 2. — **N. N.**: Elektromaschinenbau I und II, 4, Übungen, 8; Übungen im Elektrotechnischen Versuchsfelde, 4; Elektrische Kraftanlagen und Bahnen, 2, Übungen, 4. — **Wedding**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Enzyklopädische Elektrotechnik mit Experimenten, 2. — **Barkhausen**: Einführung in die Anschauungen der Maxwellschen Theorie, 2. — **Benischke**: Allgemeine Wechselstromtechnik, 4; Spezielle Wechselstromtechnik für Hochspannungsanlagen, 2. — **Breslauer**: Berechnung und Prüfung elektrischer Maschinen nach den in der Praxis herrschenden Gepflogenheiten, 2. — **Gerstmeyer**: Prüfung elektrischer Maschinen und Apparate, 2. — **Kallmann**: Betriebstechnik für Elektrizitätswerke und Straßenbahnen, 1; Elektrische Einrichtungen moderner Zentralen und Leitungsnetze, 1. — **Zehme**: Elektrische Haupteisenbahnen und Zwischenstadtbahnen, 2. — **E. Meyer**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, 4, Übungen und Festigkeits-Laboratorium, 2. — **W. Hartmann**: Kinematische Geometrie und theoretische Kinematik, 2; Maschinengetriebe: Anwendungen der Kinematik, 2. — **Leist**: Mechanik I, 4, Übungen, 2, II, Übungen, 2. —

Hofmann: Experimentalchemie I, 4; Abriß der Experimentalchemie, 2; Praktische Arbeiten im anorganischen Laboratorium, tägl. — **Liebermann**: Organische Chemie I: Die offenen Kohlenstoff-Ketten, 5; Praktische Arbeiten im organischen Laboratorium, tägl. — **v. Knorre**: Analytische Chemie: Quantitative Analyse, 2; Praktische Arbeiten im elektrochemischen Laboratorium, tägl.; Allgemeine Elektrochemie und Anwendung der Elektrolyse in der chemischen Industrie, 4; Abriß der technischen Gasanalyse mit Übungen, 2. — **Miethe**: Spektralanalyse, mit Übungen, 2; Allgemeine Photographie: Apparatenkunde, Übersicht über die gebräuchlichsten photographischen Prozesse, 2; Einführung in die photographische Optik, 1; Astronomische Photographie mit Übungen am photographischen Refraktor, 1, Übungen, 3; Praktische Arbeiten im photochemischen Laboratorium, für Photochemiker, tägl.; Photographische Übungen in den gebräuchlichen Prozessen, 16; Spektrographisches und Spektralanalytisches Praktikum für Fortgeschrittenere, 1. — **v. Buchka**: Chemie der Nahrungsmittel mit Berücksichtigung der Nahrungsmittel-Analyse und Bakteriologie, 4; Geschichte der Chemie, 2. — **Holde**: Untersuchung von Fetten, Ölen, Wachsen, Seifen, Firnissen und Kautschuk, 2. — **Traube**: Einleitung in die physikalische Chemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, 3; Physikalische Chemie in ihren Beziehungen zur Biologie, 1. — **Witt**: Chemische Technologie II, 4; Farbstoffe, Bleicherei, Färberei, Zeugdruck, 2; Praktische Arbeiten im technisch-chemischen Institut, tägl. — **Arndt**: Ausgewählte Teile der physikalischen Chemie, 1; Kolloquium über physikalische Chemie, 1. — **Binz**: Veredlung der Textilfasern II: Färberei und Zeugdruck, 1. — **Byk**: Theoretische Photochemie: Die Lehre von den chemischen Wirkungen des Lichtes, 2. — **Guertler**: Innere chemische Statik und Kinetik der Legierungen, 3. — **Hauser**: Chemie der selteneren Elemente mit spezieller Rücksicht auf ihre technische Verwendung, 2; Theorie des Verdampfens und Verflüssigens von Gasen und Gasgemischen, 1; Kolloquium über anorganische und analytische Chemie, für Anfänger, 2. — **Hilpert**: Theoretische Chemie in ihrer Anwendung auf die Prozesse der Hüttenbetriebe, 1. — **Hinrichsen**: Theorie der Lösungen, 2. — **Jahn**: Einführung in die theoretische Behandlung chemischer Probleme, mit Übungen, 2. — **Jurisch**: Übungen im Entwerfen von chemischen Anlagen, 4; Luftrecht, 1. — **Kühling**: Stöchiometrie, Theorie und Praxis chemischer Berechnungen I, 1. — **Lehmann**: Über Farbenphotographie, 1. — **Simonis**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Qualitative und quantitative Analyse organischer Verbindungen, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. — **Stavenhagen**: Einführung in die Experimentalchemie, 2. — **Ullmann**: Arbeitsmethoden der Farbenindustrie, 1. — **Voswinkel**: Einführung in die organische Chemie, 2. — **Wolffenstein**: Die Chemie der Alkaloide, 2. —

Dziobek: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Haentzschel**: Elemente der Differential- und Integralrechnung und der analytischen Geometrie, 4, Übungen, 2 *g*. — **Hettner**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2. — **Jolles**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Lampe**: Höhere Mathematik: Differential- und Integralrechnung, Analytische Geometrie, 6, Übungen, 2; Bestimmte Integrale und Differentialgleichungen, 2. — **Scheffers**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 5. — **Schuberg**: Elemente der darstellenden Geometrie, 1, Übungen, 3; Konstruktionsübungen für Chemiker I, 3, II, 3. — **N. N.**: Niedere Analysis und Algebra, 2; Potentialtheorie, 2; Funktionentheorie I, 2. — **Fuchs**: Partielle Differentialgleichungen nebst Anwendungen, 2. — **Lichtenstein**: Vektoranalysis, 2. — **Wallenberg**: Repetitorium der höheren Mathematik: Differential- und Integralrechnung, sowie analytische Geometrie II, 2. — **Werner**: Niedere Geodäsie, 4 und 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Planzeichnen, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Universität Bern.

Forster: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Wärme, 6; Theoretische Optik, 1 *g*; Repetitorium der Physik, 2; Physikalisches Praktikum, 8. — **Gruner**: Einleitung in die theoretische Physik, 1; Elektromagnetische Lichttheorie, 3; Theorie der Wärmestrahlung, 2; Elektronentheorie II, 2. — **Blattner**: Berechnung von Wechselstromleitungen, Stromverteilungssysteme und elektrische Bahnen, 2. — **Luterbacher**: Mechanik, 2. —

Kohlschütter: Allgemeine anorganische Experimentalchemie, 6; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl.; Analytisch-chemisches Praktikum für Mediziner, 8. — **v. Kostanecki**: Organische Chemie II, 5; Organisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Tambor**: Die Chemie der Alkaloide, 2; Repetitorium der Chemie der Fettkörper, 1. — **Lampe**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 1. — **Mai**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1; Chemische Berechnungen, 1; Analytische Chemie im Lichte der Ionentheorie, 1. — **Ephraim**: Repetitorium der anorganischen Chemie, 1½; Elektrochemie, 1. — **Woker**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Katalyse, einschließlich der Lehre von den Fermenten, 2; Die Theorien der Physik und Chemie in ihrer Anwendung auf die Biologie (Fortsetzung), 1; Die Chemie als biologische Hilfswissenschaft, mit Übungen, 3. — **Schaffer**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel II, 2; Technologie und Warenkunde der Lebensmittel. —

Graf: Kugelfunktionen I, mit Repetitorium, 3; Besselsche Funktionen II, mit Repetitorium, 3; Integralrechnung, mit Repetitorium, 3; Differentialgleichungen, 2; Funktionentheorie, 2; Renten- und Versicherungsrechnung, 2; Mathematisches Seminar (mit Huber), 1½. — **Ott**: Algebraische Analysis II, 2; Integralrechnung, 2; Analytische Geometrie II, 2. — **Huber**: Sphärische Astronomie I, 2; Theorie der höheren ebenen Kurven, 3; Elliptische und Thetafunktionen, 2; Mathematisches Seminar (geometrische Richtung) (mit Graf), 1. — **Bentell**: Darstellende Geometrie, Kurven, Strahlenflächen, reguläre Polyeder, 2, Übungen und Repetitorium, 2; Praktische Geometrie I, 1. — **Crelier**: Synthetische Geometrie: Kegelschnitte und Flächen des 2. Grades, 2; Nichteuklidische Geometrie, 2. — **Moser**: Versicherungsmathematik: Ausgewählte Kapitel der Reservenrechnung; Mathematisch-versicherungswissenschaftliches Seminar, 1—2. — **Bohren**: Die soziale Versicherung und ihre Grundlagen, 1—2; Politische Arithmetik, 2; Variationsrechnung, 1. —

Universität Bonn.

Kayser: Experimentalphysik I: Mechanik, allgemeine Physik, Wärme, Akustik, 5; Laboratorium für Anfänger

(mit Eversheim und Greve), 8, für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. — **Pflüger**: Theorie der Elektrizität, 4, Übungen, 1 *g*. — **Bucherer**: Einführung in die mathematische Behandlung physikalischer Probleme, 2. — **Grebe**: Die Konstitution der Sonne, 2. — **Bernoulli**: Kinetische Gastheorie, 1; Elektronentheorie der Metalle und Legierungen, 1. — **Eversheim**: Angewandte Elektrizitätslehre mit Übungen (mit Grebe), 2. —

Anschütz: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 6; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Chemie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, sowie für Nahrungsmittelchemiker (mit Rimbach, Frerichs und Kippenberger), tägl., für Mediziner (mit Rimbach), tägl. außer Sonnabend. — **Rimbach**: Physikalische Chemie I: Eigenschaften der Stoffe, Verwandtschaftslehre, 2; Ausgewählte Kapitel der speziellen anorganischen Chemie I: Seltenere Metalloide, 1 *g*; Analytische Chemie I: Qualitative Analyse, 2; Übungen in den wichtigsten physikalisch-chemischen Meßmethoden, 3 *g*. — **Frerichs**: Pharmazeutische Chemie I (anorganisch), 3, III: Zyklische Verbindungen, 1 *g*; Toxikologische Analyse, 1; Übungen im Sterilisieren von Arzneimitteln, 1. — **Kippenberger**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, mit Exkursionen, 2; Einführung in die chemische Großtechnik I: Anorganisch-chemische Betriebe, mit Exkursionen, 1; Besprechung nahrungsmittel-chemischer Gutachten, 1 *g*. — **Laar**: Wissenschaftliche Grundlage der Photographie II: Kopier- und Reproduktionsverfahren, 1; Photographische Chemie, 1; Wissenschaftlich-photographisches Praktikum. — **Meerwein**: Alizyklische Verbindungen einschließlich der Terpene und Kampferarten, 2. — **Gewecke**: Grundlagen und Hauptmethoden der Gewichtsanalyse, 1; Übungen in einfachen chemischen Unterrichtsversuchen, 2 *g*. — **Mannheim**: Die Methoden der Wasser- und Harnanalyse, 1, Übungen, tägl. *g*. —

London: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie II, mit Zeichenübungen, 3. — **Hausdorff**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Behandlung einfacher Aufgaben für mittlere Semester (mit Müller); Einführung in die Gruppentheorie, 2. — **Study**: Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar: Oberstufe, 14tägig, 2 *g*. — **Müller**: Potentialtheorie, 3. — **Küstner**: Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Topographie des Sonnensystems, 1 *g*; Praktische Übungen im astronomischen Beobachten für Geübtere (mit Mönnichmeyer), tägl. — **Mönnichmeyer**: Methode der kleinsten Quadrate, 2 *g*. —

Technische Hochschule Braunschweig.

Diesselhorst: Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität und Magnetismus, 4; Grundlagen der Theorie des Elektromagnetismus, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum I und II (mit Rau); Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Weber**: Potentialtheorie mit Anwendungen auf die Elektrostatik, 2. — **Rau**: Elektromagnetische Schwingungen, 1, Theoretische Ergänzungen, 1. — **Bergwitz**: Radioaktivität, 1. — **Peukert**: Grundzüge der Elektrotechnik, 2; Elektrotechnik, 4, Übungen, 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Koch), 6; Arbeiten im elektrotechnischen Laboratorium (mit Koch), für Fortgeschrittenere. — **Brünig**: Elektrotechnische Konstruktionen, 2, Übungen, 2. — **Limmer**: Ausgewählte Kapitel aus der (speziellen) Photographie, 1; Moderne Kopierverfahren, 1; Die Reproduktion von Zeichnungen und Bildern, Übungen, 1; Farbenphotographische Übungen, 1; Photographisches Kolloquium, 14tägig, 1 *g*; Photographische und farbenphotographische Übungen, 4. —

Meyer: Unorganische Experimentalchemie, 5; Chemie der organischen Farbstoffe, 3; Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Biehringer und Posner); Chemisches Kolloquium (mit Baur), *g*. — **Biehringer**: Analytische Chemie, 2; Grundzüge der Chemie, 3. — **Baur**: Physikalische Chemie, 2; Metallurgie, 2; Chemie der Metalle, 1; Arbeiten im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie (mit Sichling). — **Reinke**: Chemische Technologie II 1, 6; Chemisch-technische Analyse I, 2; Arbeiten im Laboratorium für chemische Technologie II und landwirtschaftlich-chemische Gewerbe (mit Rinckleben), Seminaristische Übungen, monatlich 2 *g*; Chemische Technologie in den deutschen Kolonien, 1. — **Beckurts**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Gerichtliche Chemie, 1; Grundzüge der Maßanalyse, 1; Pharmazeutische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium für pharmazeutische Chemie und Nahrungsmittelchemie und in der Nahrungsmitteluntersuchungsstelle (mit Troeger, Peters, Frerichs und Emde). — **Troeger**: Analytische Chemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Repetitorium der anorganischen und organischen Chemie, 2. — **Emde**: Geschichte der Chemie seit 1800, 1; Moderne Arzneimittel, 1. —

Dedekind: Elemente der Zahlentheorie, 2; Einleitung in die Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. — **Fricke**: Analytische Geometrie und Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 2, II, 2. — **Timerding**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 6; Grundzüge der höheren Mathematik, 2, Übungen, 1; Geometrie der Lage, 2. — **Wernicke**: Statik starrer und elastisch-fester Körper, 4, Übungen, 2. — **Schlink**: Technische Mechanik II: Dynamik, 3, Übungen und Repetitionen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Flugtechnik, 1; Graphische Statik, 2, Übungen (mit Meinecke), 2; Eisenhochbauten, 2, Übungen (mit Meinecke), 4; Statik der Baukonstruktionen I, 3, Übungen I u. II (mit Meinecke), 4. — **Näbauer**: Grundzüge der Geodäsie, 2, Übungen, 2; Geodäsie I, 4, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2; Planzeichnen (mit Biersack), 2. —

Universität Breslau.

Lummer: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalisches Kolloquium (mit Pringsheim und Schaefer), 2 *g*; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schaefer und Waetzmann), 3 und 6 (für Pharmazeuten (mit Ladenburg), 3), für Geübtere (mit Pringsheim und Schaefer), tägl. — **Pringsheim**: Theoretische Physik V: Wärme, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 14tägig, 2 *g*. — **Schaefer**: Elektromagnetische Schwingungen und Wellen, experimentell, mit besonderer Berücksichtigung der drahtlosen Telegraphie, 1; Mechanik der Kontinua: Elastizitätstheorie, Hydrodynamik, Akustik, 3. — **Waetzmann**: Einführung in die theoretische Physik I, 2; Die sekundären Klangerscheinungen: Schwebungen, Intermittenz-, Kombinationstöne usw., 1. — **Ladenburg**: Elektrische Meßmethoden mit Demonstrationen, 1; Theorie der Absorption und Dispersion, 1 *g*. — **von dem Borne**: Die Luftschiffahrt und ihre wissenschaftlichen Grundlagen, 1; Geophysikalische und aeronautische Übungen und Besprechungen; Physik des Luftmeers: Meteorologie, 3. — **Riesenfeld**: Photographisches Praktikum, 2; Die Photographie und ihre Technik, 1 *g*. —

Gadamer: Organische Experimentalchemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, 6; Prüfung der Arzneimittel, 1 *g*; Praktisch-chemische Übungen, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie, der forensischen Chemie und der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, 6. — **Buchner**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 4; Chemisches Kolloquium (mit Braun), 14tägig, 2 *g*; Praktische Übungen und Arbeiten im chemischen Institut, a) in der analytischen Abteilung (mit Braun), ganz- oder halbtägig, b) in der organischen Abteilung, ganztägig; Chemische Kurse für Mediziner, 5, für Landwirte, 4. — **Braun**: Chemische Tagesfragen, 1; Analytische Chemie, 2; Praktische Anleitung in Vorlesungsversuchen, 3; Besprechung der analytischen Arbeiten, 1 *g*. — **Herz**: Die physikalisch-chemischen Grundlagen der analytischen Chemie, 2; Spezielle Chemie der Metalle und ihrer Verbindungen, 2; Grundlagen der Maßanalyse, 1; Anwendungen der Maßanalyse, mit besonderer Berücksichtigung des Deutschen Arzneibuches, 1; Besprechungen zur qualitativen Analyse, 1 *g*. — **Meyer**: Che-

mische Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 2; Geschichte der Chemie, 1. — **Sackur**: Radioaktivität, mit Experimenten, 1; Ausgewählte Kapitel der Thermochemie und Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, 3. — **Loeffler**: Alkaloide, 2. — **Fischer**: Biochemie II, die Adsorption, 1. — **Gaebel**: Ausmittelung der Gifte, 2; Übungen im stöchiometrischen Rechnen für Anfänger, 1. —

Sturm: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Zahlentheorie, 2; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 2 *g*. — **Rosanes**: Algebraische Gleichungen, 4; Übungen des mathematisch-physikalischen Seminars, 1 *g*. — **Schnee**: Integralrechnung, 4, Übungen, 2. — **Kneser**: Variationsrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Mechanik II: Theorie des Kreisels, 2. — **Franz**: Mechanische Quadratur- und Störungsrechnung, 3; Rechentechnik und Methode der kleinsten Quadrate, 2; Astronomisches Seminar: Störungsrechnung, 2 *g*; Astronomisches Kolloquium, 1 *g*. —

Technische Hochschule Breslau.

Lummer: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Geübtere, tägl. — **von dem Borne**: Theorie der Luftschiffahrt, 2. — **Hilpert**: Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, II, III; Elektromaschinenbau, 2, Übungen, 4. — **Euler**: Elektrotechnische Meßkunde, 2; Elektrische Kraftanlagen, 2, Übungen, 4. —

Semmler: Organische Technologie, 3; Praktikum im organisch-chemischen Institut und Übungen in der präparativen organischen Chemie, tägl.; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Stock**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Schenck**: Physikalische Chemie I, 3; Übungen in physikalischer Chemie und Elektrochemie für Chemiker und Hüttenleute, 4; Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Chemische Technologie I, 2. — **Nauß**: Einführung in die Gastechnik. — **N.N.**: Physikalische Chemie der Metalle, 1. —

Carathéodory: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 2. — **Steinitz**: Höhere Mathematik I, 4, Übungen, 4. — **Hessenberg**: Darstellende Geometrie, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. —

Universität Czernowitz.

v. **Geitler**: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger I: a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Besprechung physikalischer Fragen (mit Radakovic), 14tägig, 2 *g*. — **Radakovic**: Elektrizität und Magnetismus, 5; Seminar für mathematische Physik, 2 *g*. —

Pomeranz: Allgemeine Chemie I, 5; Thermochemie, 2; Chemische Übungen für Anfänger, 15, für Vorgeschrittene, 20. —

Plemelj: Funktionentheorie, 5; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Proseminar für Mathematik, 2 *g*. — **Hahn**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Theoretische Arithmetik, 2. —

Technische Hochschule Danzig.

N.N.: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, Optik, 5; Kleines physikalisches Praktikum, 8; Großes physikalisches Praktikum, tägl. — **Kalähne**: Einführung in das physikalische Praktikum: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 1; Theoretische Ergänzungen zur Experimentalphysik, 1; Arbeiten im photographischen Laboratorium, für Fortgeschrittene, 3. — **Straßer**: Einführung in die Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 2. — **Roeßler**: Elektrotechnik II, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II und III, 9; Projektierung elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4; Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen (mit Roth), 2, Übungen, 4. — **Roth**: Elektromaschinenbau, 1, Übungen, 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2; Apparate und Schalttafelbau, 2, Übungen, 4. — **Grix**: Elektrische Hausinstallationen und Beleuchtungstechnik, 1; Elektrische Bahnen, 2, Übungen, 4; Schwachstromtechnik, 2. —

Ruff: Anorganische Experimentalchemie, 4; Praktikum im anorganisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, tägl. — **Wohl**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Kolloquium, für Fortgeschrittenere, 2 *g*; Praktikum im organisch-chemischen Laboratorium, tägl.; Kurse für Gärungsgewerbe, mehrwöchentlich; Praktikum im Laboratorium für landwirtschaftliche Gewerbe, tägl. — **Krüger**: Physikalische Chemie I und II, 3; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum I und II, 4; Großes physikalisch-chemisches Praktikum, tägl. — **Plato**: Quantitative chemische Analyse, 2. —

v. **Mangoldt**: Höhere Mathematik I, 6. — **Lorenz**: Dynamik starrer Körper, 2, Übungen, 2; Festigkeitslehre und Hydraulik, 4, Übungen, 3. — **Schilling**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 5. — **Sommer**: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 1; Einführung in die Variationsrechnung, 2. — v. **Brunn**: Theorie der Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, 2; Elemente der Meteorologie, 1. — **Pröll**: Theorie der Regulierung, 2, Übungen, 2; Kinematik, 1. — **Eggert**: Geodäsie I, 2, II, 2; Planzeichnen, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum I und II, 2. —

Technische Hochschule Darmstadt.

Schering: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Geometrische Optik, Wellenlehre des Lichts, Akustik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Zeißig), 4 Nachmittage; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik (mit Zeißig); Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Zeißig), 1 *g*. — **Zeißig**: Experimentalphysik: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Akustik, Optik, 4, Repetitorium, 1; Physikalische Meß- und Instrumentenkunde, 1 *g*; Grundzüge der seismischen Beobachtung, 1 *g*. — **Fritsch**: Einführung in das physikalische Praktikum, 1 *g*; Photographische Übungen mit einleitenden Vorträgen, 2; Radioaktivität, 1 *g*. — **Meisel**: Theorie der optischen Instrumente I, 2; Populäre Astronomie, 2. — **Wirtz**: Allgemeine Elektrotechnik I: Elemente der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrische Wellen, 2. — **Kittler**: Allgemeine Elektrotechnik II (Gleich- und Wechselstromtechnik), Theoretischer Teil, 3, Praktischer Teil, 2, Übungen (mit Petersen), 1; Übungen im elektrotechnischen Laboratorium (mit Wirtz und Sengel), tägl.; Selbständige Arbeiten für vorgeschrittenere Studierende; Übungen im Hochspannungslaboratorium (mit Petersen), 2. — **Sengel**: Konstruktion elektrischer Maschinen und Apparate, 3, Übungen, 3; Elektrische Licht- und Kraftanlagen, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2. — **Petersen**: Ausgewählte Kapitel aus dem Gebiete der Gleichstrom- und Wechselstromtechnik, 1; Grundzüge der Hochspannungstechnik, 1. — **Goldschmidt**: Die Elektrizität in Werkstätten, Berg- und Hüttenwerken, 2; Referate aus elektrotechnischen Fachblättern, Kolloquium, 1 *g*. —

Staedel: Anorganische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum (mit Kolb, D'Ans und Schaeffer), tägl. außer Sonnabend. — **Kolb**: Anorganische Chemie, spezieller Teil, II, 2; Analytische Chemie II, 2; Analytische Chemie der seltenen Elemente, 1; Kolloquium über organische Chemie, 1. — **Finger**: Organische Experimentalchemie, 4; Ausgewählte Kapitel aus der Chemie der Alkaloide, 2; Praktikum für organische Chemie (mit Schwalbe), tägl. außer Sonnabend; Farbstoff- und Färberei-Praktikum (mit Schwalbe). — **Schwalbe**: Organische Experimentalchemie, einschließlich Zellulosechemie und Teerfarbstoffe, 4; Organisch-chemisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittenere; Färberei-Praktikum. — **Heyl**: Pharmazeutische Chemie: Organischer Teil, 2. — **Dieffenbach**: Elektrochemie, 2; Chemische Techno-

logie, 4; Chemisches Praktikum für Elektrotechniker (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Elektrochemisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend; Chemisch-technisches Praktikum (mit Neumann und Moldenhauer), tägl. außer Sonnabend. — **Neumann**: Gasanalytische Methoden, 2; Eisenhüttenkunde, 1; Brennstoffe, Verbrennungsvorgänge, Heiz- und Kraftgase und deren Untersuchung, 1, Übung, 1. — **Moldenhauer**: Die Theorie der elektrolytischen Dissoziation, 1 *g*; Elektrochemische Übungen, 3 *g*. — **Vaubel**: Theoretische Chemie, I, 2, Übungen, 3; Stöchiometrische Berechnungen, 1; Die physikalischen und chemischen Methoden der quantitativen Bestimmung organischer Verbindungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Technik organischer Verbindungen, 1. — **D'Ans**: Heterogene Gleichgewichte vom Standpunkte der Phasenlehre, 2; Einführung in die Kolloidchemie, 1. —

Graefe: Repetitorium der Elementarmathematik, 2, Übungen, 2; Höhere Mathematik, 3, Übungen, 2; Geschichte der Mathematik, 1. — **Horn**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 6, Übungen, 4, II, 2, Übungen, 1. — **Dingeldey**: Höhere Mathematik I, einschließlich Elemente der höheren Algebra, 5, Übungen, 4; Geometrie der Kegelschnitte, 2. — **Wiener**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6, II, 2; Arbeiten im mathematischen Institut (mit Gay), 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 6; Geometrie der Lage, 2 auch 3. — **Hohenner**: Geodäsie, 4; Höhere Geodäsie, 2; Geodätische Übungen I, 2; Ausarbeitung der geodätischen Vermessungen A, 2; Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **N. N.**: Trigonometrie, mit Übungen, 3; Katasterwesen, 1; Praktische Geometrie, 2. — **Gast**: Geographische Orts- und Zeitbestimmung, 2 *g*. — **Gasser**: Aeronautik, 2; Katastertechnische Berechnungen, 1 *g*. — **Henneberg**: Technische Mechanik, 3, Übungen (mit Graefe), 2; Mechanik II, 6, Übungen (mit Graefe), 3; Hydrodynamik, 1. — **Blaß**: Ausgewählte Abschnitte aus der technischen Mechanik, 2. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Toepler), I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten (mit Toepler), 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neuere Arbeiten (mit Helm und Toepler), 1 *g*. — **Toepler**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus: Maxwellsche Theorie, 3. — **N.N.**: Telegraphie und Telephonie, 2. — **Dember**: Gasionen, Kathoden- und Röntgenstrahlen, 1. — **Luther**: Photographie, 2; Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institute, ganz- und halbtägig. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 3; Theorie des Wechselstromes II, 2; Starkstromanlagen II, 2, Übungen (mit Brion), 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, Übungen, 20. — **Kübler**: Elektromaschinenbau II: Entwurf, Bau und Betrieb der Elektromotoren, 2, IV: Spezielle Aufgaben des Dynamobaues, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 12 und 4; Heizer- und Maschinistenkursus für Studierende. — **Brion**: Meßmethoden und Meßinstrumente der Elektrotechnik, 2; Elektrische Maschinenmessungen, 1; Übungen im Anschluß an das Elektrotechnische Praktikum. —

Hempel: Chemische Großindustrie, 2; Metallurgie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12, Quantitative Analyse, technische Titriermethoden, Gasanalyse, tägl. außer Sonnabend. — **v. Meyer**: Organische Chemie, 5; Organisch-chemisches Praktikum (mit v. Walther), tägl. außer Sonnabend; Kolloquium (freie Vorträge über wichtige Probleme der Chemie) (mit Möhlau und v. Walther), 1 *g*. — **Foerster**: Elektrochemie, ihre Theorie und technische Anwendung, 2; Physikalische (theoretische) Chemie II, 3; Praktikum für Elektrochemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Lottermoser und Luther), 1 *g*. — **Möhlau**: Chemie der Textilindustrie, 3; Chemie des Steinkohlenteers, 2; Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für Farbenchemie bezw. für Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bezw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend; Hygienisches Praktikum: Wohnungshygiene, Arbeitshygiene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Walther**: Chemie der Zuckerarten: Kohlenhydrate, 1; Chemie und Technologie der Zyanverbindungen, 1. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. — **Lottermoser**: Analytische Chemie auf Grundlage der Ionentheorie und des Massenwirkungsgesetzes, 1. — **König**: Konstitutionsbestimmung unter Berücksichtigung der physikalisch-chemischen Methoden, 1. — **Thiele**: Brennmaterialien, Theorie der Feuerungen, 1. —

Helm: Höhere Mathematik II, 4 und 2, Übungen (mit Naetsch), 2; Dioptrik, 2; Elemente der Thermodynamik und mathematischen Chemie, 1. — **Krause**: Höhere Mathematik IV, 3, Übungen (mit Naetsch), 14tägig, 1; Höhere Algebra, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, Übungen (mit Naetsch), 4; Perspektive, mit Übungen, 1; Analytische Geometrie der Flächen zweiten Grades, 4; Seminaristische Übungen über höhere Geometrie, 1 *g*. — **Naetsch**: Elementare Algebra und Analysis, 2; Einleitung in die Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 2; Anwendungen der Theorie der elliptischen Funktionen, 1. — **Heger**: Kartenentwurfslehre, 1. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2, Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie II, 2, Übungen, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 2; Graphische Ausarbeitungen, 2; Geodätische Rechenübungen, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung I, 2; Planzeichnen I, 2. — **Hugerahoff**: Katastervermessung II, 1; Einführung in die Photogrammetrie: Phototachymetrie, 1. —

Universität Erlangen.

Wiedemann: Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 2; Physikalisches Halbpraktikum, 20; Physikalisches Vollpraktikum, 40; Übungen in Experimentalvorträgen, 2. — **Reiger**: Elektrizität und Optik, 4; Übungen zur theoretischen Physik, 1 *g*. —

Fischer: Anorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium: a) Analytisch-chemische Übungen (mit Busch), 20, b) Vollpraktikum (mit Busch), 40; c) Praktikum für Mediziner (mit Gutbier), 4; Spezielle Methoden der organischen Chemie (mit Heinrich), 2. — **Paal**: Pharmazeutische Chemie, 3; Die Grundlagen der Nahrungsmittelchemie, 2; Chemisches Praktikum, tägl.; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum I, 16, II, 20; Physiologisch-chemisches Praktikum: Harnanalyse usw., 3; Nahrungsmittelchemisches Praktikum, tägl. — **Busch**: Qualitative und quantitative chemische Analyse I: Metalle, 2; Chemische Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Kolloquium über neuere chemische Literatur (mit Gutbier und Jordis), 1 *g*. — **Henrich**: Chemie des Pyridins, Chinolins und der wichtigsten Alkaloide, 1; Geschichte der Chemie seit Lavoisier, 1; Darstellung organischer Präparate auf elektrochemischem Wege, 2; Anleitung zur Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Untersuchungen, tägl. *g*. — **Gutbier**: Chemisches Seminar für Chemiker und Pharmazeuten, 2; Gasanalyse, mit Übungen, 2. — **Jordis**: Kolloide, 1; Physikalische Chemie I, 1; Patentwesen, 1. —

Gordan: Algebra, 4, Übungen, 3 *g*. — **Noether**: Differentialrechnung, 4, Übungen, *g*; Analytische Mechanik, 4; Konforme Abbildung (mit Schmidt), *g*; Synthetische Geometrie, mit Übungen, *g*. — **Schmidt**: Analy-

tische Geometrie der Ebene, 4; Lineare Differentialgleichungen, 4; Mathematische Übungen im Seminar, *g.* —

Physikalischer Verein und Akademie zu Frankfurt a. M.

Wachsmuth: Experimentalphysik: Optik, 1; Elektrizitätslehre II: Elektrische Wellen und Radioaktivität, 1; Physikalisches Kolloquium, 14 tägig, $1^1/_2$; Großes physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Kleines physikalisches Praktikum für Anfänger, 8. — **Linke**: Wetterkunde und Wettervoraussage, 1; Geophysikalische Übungen, 2. — **Déguisne**: Drahtlose Telegraphie, 1; Die Gleichstrommaschine, 1; Elektrotechnisches Vollpraktikum für Fortgeschrittene, tägl.; Kleines Elektrotechnisches Praktikum für Anfänger, 8. — **Seddig**: Interferenz und Polarisation des Lichtes, 1; Wissenschaftliche Photographie, 2; Photographisches Praktikum, 4. —

Freund: Organische Experimentalchemie, mit besonderer Berücksichtigung der Technologie, 2; Großes chemisches Praktikum, halb- oder ganztägig, tägl.; Kleines chemisches Praktikum: Darstellung chemischer Präparate, Einführung in die qualitative und quantitative Analyse, Nahrungsmittelanalyse, 8; Färberei-chemisches Praktikum (mit Mayer), 2. — **Lorenz**: Elektrochemie, 2; Großes Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, halb- oder ganztägig, tägl.; Kleines Praktikum der physikalischen Chemie und Elektrochemie, halbtägig, 8. — **Mayer**: Einführung in die Chemie auf elementarer Grundlage, 1. — **Becker**: Angewandte Chemie und Bakteriologie in Industrie, Handel und Gewerbe, chemisch-technische Warenkunde, Ausgewählte Kapitel der kolonialen Technik, mit Exkursionen, 2; Gärungsindustrie, mit besonderer Berücksichtigung der Chemie des Weines, 1; Kleines chemisches Praktikum (Übungen in der Untersuchung und Beurteilung von Handelswaren im chemischen Laboratorium), 5. —

Brendel: Einleitung in die höhere Analysis: Differential- und Integralrechnung, 2, Übungen, 2; Versicherungsmathematik für Mathematiker, 1; Versicherungsmathematische Übungen für Vorgeschrittene, mit besonderer Berücksichtigung praktischer Fragen (mit Patzig), 14 tägig, 2. — **Patzig**: Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. —

Universität Freiburg i. Br.

Himstedt: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5; Übungen aus der theoretischen Physik, 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Koenigsberger und Reinganum), 3 und 6; Übungen im Experimentieren und in der Vorführung von Demonstrationsversuchen (mit Gaede), 3 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Koenigsberger**: Theoretische Physik: Optik, 3, Übung, 1; Anwendung neuerer physikalischer Apparate und Methoden, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Reinganum**: Thermodynamik II: Wärmestrahlung, mechanische Analogien des zweiten Hauptsatzes usw., 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Gaede**: Elektrische Wellen und drahtlose Telegraphie, mit Demonstrationen, 1. — **Meyer**: Elektrochemie mit Demonstrationen, 2; Photographie mit praktischen Übungen und Demonstrationen, 2; Mechanische Wärmetheorie, 2; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 3; Selbständige physikalisch-chemische Arbeiten. —

Gattermann: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum (mit Willgerodt, Fromm, Meigen und Riesenfeld), tägl. außer Sonnabend; Übungen im Experimentieren und Vortragen für künftige Lehrer der Chemie II (organisch), 2 *g*; Chemisches Kolloquium, 1 *g*. — **Willgerodt**: Organische Experimentalchemie, 4; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Anorganische Technologie, 2. — **Edinger**: Einführung in die organischen Arbeitsmethoden, 2. — **Fromm**: Stereochemie, 2; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2 und 1, Repetitionsstunde, 1. — **Meigen**: Quantitative Analyse: Allgemeiner Teil, 2; Übungen im Bestimmen von Mineralien auf chemischem Wege, 2. — **Riesenfeld**: Qualitative Analyse, mit Berücksichtigung der Spektral- und Mikroanalyse, 3; Praktische Übungen zur Einführung in die technische Elektrochemie, 2. —

N. N.: Analytische Geometrie der höheren Kurven und Flächen, 4, Übungen, 1 *g*; Populäre Astronomie, 2. — **Stickelberger**: Analytische Geometrie der Ebene und Differentialrechnung, 5, Übungen; Zahlentheorie, 3. — **Loewy**: Differentialgleichungen, 4; Einführung in das Versicherungswesen, 4. — **Seith**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 1 *g*. —

Universität Gießen.

König: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 5, Mathematische Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 6, für Chemiker, Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Fromme), 2. — **Fromme**: Elektromagnetische Lichttheorie, 3; Ausgleichungsrechnung und Elemente der höheren Geodäsie, 2; Populäre Astronomie und mathematische Geographie, $1^1/_2$. — **Schmidt**: Einführung in die mathematische Behandlung physikalischer Fragen, mit Übungen, 2; Arbeiten für Vorgeschrittene aus dem Gebiete der Elektronenlehre, ganz- und halbtägig. — **Noack**: Physikalisches Praktikum für Handfertigkeit, mit Experimentierübungen, 3. — **Uller**: Einführung in die Theorie der Luftschiffahrt und des Fluges, 1. —

Naumann: Anorganische Experimentalchemie, $5^1/_4$; Physikalische Chemie (Thermochemisches und Thermodynamisches), mit Anwendungen auf technische Chemie und Übungen in Berechnungen, $1^3/_4$; Praktische Übungen und Untersuchungen im chemischen Laboratorium (pharmazeutisch- und nahrungsmittelchemische mit Feist), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner, tägl. — **Möser**: Analytische Chemie II: Quantitative Analyse, 2. — **Feist**: Pharmazeutisch-chemische Präparate, organischer Teil, 2; Ausmittelung der Gifte, 2. — **v. Liebig**: Chemie der Pflanzenstoffe VI, 1; W. Ostwalds Prinzipien der Chemie, 1 *g*. — **Beschke**: Die Chemie der Verbindungen mit offener Kohlenstoffkette, 2. — **Elbs**: Chemisches Praktikum, tägl., für Landwirte, halbtägig; Elektrochemisches Praktikum, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Brand), 5; Chemisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*; Organische Experimentalchemie, $4^1/_2$. — **Brand**: Chemische Technologie I: Technologie der anorganischen Stoffe, 2. — **Thomae**: Allgemeine Kolloidchemie und Ultramikroskopie, 1; Besprechung kolloidchemischer und ultramikroskopischer Originalarbeiten, 1. —

Netto: Differential- und Integralrechnung, 4; Zahlentheorie, 2; Determinanten, 2; Übungen des mathematischen Seminars. — **Graßmann**: Funktionentheorie mit geometrischen Anwendungen, insbesondere auf Kartenprojektion, 4, Übungen, 1; Graphische Statik mit Übungen, 4. —

Universität Göttingen.

Riecke: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität und Wärme, 3; Praktische Übungen im physikalischen Institute (mit Voigt, Simon, Bestelmeyer, Madelung, Rümelin, Försterling und Busch), 8; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Ausgewählte Probleme der Mechanik, 1. — **Voigt**: Theorie und Anwendung des Potentiales, 4; Theorie der elektrischen Schwingungen, 2 *g*; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. außer Sonnabend. — **Wiechert**: Vermessungswesen, theoretischer Teil: Höhere Geodäsie nebst physikalischen Grundlagen, Nautik, Markscheidekunst, 4; Geophysikalisches Praktikum; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Geonomie: Geodäsie und Geophysik, 1; Thermodynamik, 4. — **Prandtl**: Aeromechanik und Luftschiffahrt, 4; Mechanikpraktikum I, für Anfänger, 3, II, für Fortgeschrittene, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Mechanik und

Wärmelehre, tägl. außer Sonnabend; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Thermodynamik, 2 *g*. — **Simon**: Angewandte Elektrizitätslehre I, 4; Elektrotechnisches Praktikum, 3; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen auf dem Gebiete der angewandten Elektrizität, tägl.; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über ausgewählte Fragen der angewandten Elektrizität, 2. — **Born**: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 3; Kinetische Theorie der Gase, 2. — **Bestelmeyer**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 1. — **v. Karman**: Hydrodynamik, 2. — **Angenheister**: Erdmagnetisches Praktikum; Luftelektrizität, 1. — **Winkler**: Kursus in physikalischer Handfertigkeit. —

Wallach: Allgemeine Chemie I: Anorganische Experimentalchemie, 6; Chemische Übungen und wissenschaftliche Arbeiten im Laboratorium (mit Polstorff, Kötz, Borsche), Voll- und Halbpraktikum, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Kolloquium für Fortgeschrittene, 1 *g*. — **Tammann**: Physikalische Chemie, 3; Physikalisch-chemisches Praktikum für Anfänger (mit Levin); Physikalisch-chemische Arbeiten, ganz- und halbtägig; Kolloquium, 1 *g*. — **Polstorff**: Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 4; Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemisches Kolloquium für Pharmazeuten, 1 *g*. — **Fischer**: Geschichte der chemischen Technologie und der Industrie Deutschlands, 1½; Chemisch-technologische Übungen, 2 *g*. — **Zsigmondy**: Über kolloidale Oxyde, Sulfide und Salze, 1; Reversible Kolloide mit besonderer Berücksichtigung der organischen, 1 *g*; Praktikum der anorganischen und der Kolloidchemie, ganz- und halbtägig; Praktikum der Kolloidchemie für Anfänger, 2. — **Kötz**: Chemie des Stickstoffes I, 1; Die Probleme der Chemie im Wandel der Zeiten, 1; Repetitorium der Chemie, 1; Seminaristische Übungen in Chemie für Lehramtskandidaten, 1 *g*. — **Coehn**: Elektrochemische und photochemische Prozesse der Technik, 1; Photographisches Praktikum für Anfänger, 3; Photochemische Arbeiten, ganz- und halbtägig. — **Borsche**: Chemie der Benzolderivate, 2; Organisch-chemisches Repetitorium für Fortgeschrittene, 1. — **Sielisch**: Chemie der Alkaloide, 1 *g*. —

Klein: Die Entwickelung der Mathematik im 19. Jahrhundert, 4; im Seminar: Einführung in die neuere mathematische Literatur, 2. — **Hilbert**: Mechanik, 4; im Seminar: Vorträge über verschiedene Gegenstände der reinen Mathematik (mit Toeplitz), 2. — **Runge**: Darstellende Geometrie, mit Übungen, 8; im Seminar: Vorträge der Mitglieder über Fragen der Thermodynamik, 2 *g*. — **Landau**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1; im Seminar: Mathematische Übungen für höhere Semester, 1. — **Hartmann**: Allgemeine Astronomie, 2, Übungen, 1; Leitung astrophysikalischer und astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, 18 *g*. — **Ambronn**: Theorie und Gebrauch der astronomischen Instrumente, 2; Übungen im astronomischen Beobachten für Anfänger und für Lehramtskandidaten, 4—5; Leitung astronomischer Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Astronomisches Kolloquium, Vorträge über astronomische Tagesfragen, 14tägig, *g*. — **Bernstein**: Elliptische Funktionen, 4; Versicherungsrechnung, 2, Übungen, 2 *g*. — **Koebe**: Determinanten und Anwendungen derselben, 2; Einleitung in die Funktionentheorie, 4, Übungen (mit Weyl), 2. — **Toeplitz**: Algebra, 4; Mengenlehre in elementarer Darstellung, 2. — **Müller**: Die Geschichte der Entdeckung der Infinitesimalrechnung, 2. — **Haar**: Einführung in die Variationsrechnung, 2; Störungstheorie, 2. — **Weyl**: Die Reihenentwicklungen der mathematischen Physik, 4. — **Nelson**: Übungen zur Einführung in die Philosophie der Mathematik und Naturwissenschaften, 2. —

Universität Graz.

Benndorf: Experimentalphysik I, 4, Mathematische Ergänzungen, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 4 Nachmittage; Physikalische Arbeiten Vorgeschrittener, ganztägig, tägl.; Physikalisches Konversatorium, 2. — **Waßmuth**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Das Prinzip der Relativität, 1; Übungen im Seminar für mathematische Physik, 3 *g*. — **Streintz**: Die Wärmesätze und ihre Anwendung auf Probleme der Chemie, 2. — **N. N.**: Meteorologie, 3; Übungen im physikalischen Rechnen, 2. —

Scholl: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, 6, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Schrötter**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemie der zyklischen Verbindungen II (heterozyklische), 1. — **Kremann**: Physikalische Chemie V: Elektrochemie mit besonderer Berücksichtigung der Elektro-Analyse und -Synthese, 2; Analytische Chemie, 1; Physikochemisches Praktikum, 3 Wochen; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der physikalischen Chemie, tägl. — **v. Hemmelmayr**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie organischer Stoffe I, 2. —

Dantscher v. Kollesberg: Integralrechnung (Fortsetzung), Funktionentheorie, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Daublebsky v. Sterneck**: Differential- und Integralrechnung, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie, 3. — **Hillebrand**: Elemente der theoretischen Astronomie, 4; Astronomische Chronologie, 1. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Elektrotechnik, 3, Übungen: Praktische Messungen, 8. — **Streintz**: Physik I: Mechanik und Optik, 5. — **Fuhrmann**: Praktische Photographie, 4 Wochen. —

Emich: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse, 2, Laboratoriums-Unterricht und Übungen, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe, 4; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse, 1, Seminar, 2, Laboratoriums-Unterricht und Übungen, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe, 4; Elektrochemie II, 2; Laboratoriums-Unterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe. — **v. Cordier**: Chemie der radioaktiven Stoffe, 1; Geschichte der Chemie, 2. — **v. Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Enzyklopädie der Chemie, 2. —

Hocevar: Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Stelzel**: Elemente der höheren Mathematik, 4. — **Peithner v. Lichtenfels**: Mathematik II, 5, Übungen, 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Übungen, 6, Seminarübungen, 2; Projektive Geometrie I, 2, Übungen, 1. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik I, 4, Übungen, 3 und 2; Enzyklopädie der Mechanik, 4; Technische Mechanik I, 4. — **Pöschl**: Anwendungen der allgemeinen Mechanik (ausgewählte Kapitel), 2. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Geodätische Zimmerübungen, 1½ und 2; Höhere Geodäsie; Methode der kleinsten Quadrate, 4; Geodätisches Seminar, 6; Situations- und Terraindarstellung, 4 und 2, Technisches Zeichnen, 4. — **Aubell**: Elemente der niederen Geodäsie, 4. —

Universität Greifswald.

Mie: Experimentalphysik II: Elektrizität und Magnetismus, Optik, 4, Mathematische Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Leitung selbständiger physikalischer Untersuchungen, tägl.; Physikalische Experimentierübungen I: Handfertigkeitsübungen (mit Herweg), 2; Besprechungen neuerer physikalischer Arbeiten (mit Starke), 2 *g*; Physikalisches Kolloquium (mit Starke), 2 *g*. — **Holtz**: Me-

chanik mit Experimenten, 1; Physik der Gestirne mit Experimenten, 1 *g.* — **Starke**: Theorie der Wärme, 4, Übungen, 1 *g*; Physikalisches Praktikum für Mediziner und Pharmazeuten, 2. — **Schreber**: Physikalische Experimentierübungen II: Übungen im Zusammenbauen und Demonstrieren physikalischer Apparate, 2; Die absoluten Maße, 1: Die Eisenbahn, 1 *g.* — **Herweg**: Spektroskopie, mit Experimenten, 1. —

Auwers: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker mit (Scholtz), tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 7 *g.* — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g.* — **Roth**: Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemische Übungen, $7^1/_2$; Physikalisch-chemisches Kolloquium, 1 *g.* — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Chemische Technologie II: Technologie der organischen Stoffe, 2, Chemisch-technologische Exkursionen, *g.* — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Chemisches Kolloquium für Mediziner, 2. — **Eisenlohr**: Konstitutionsbestimmung organischer Körper auf Grund physikalisch-chemischer Methoden, 1. —

Thomé: Elliptische Funktionen II, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g.* — **Engel**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2 *g*; Partielle Differentialgleichungen und Pfaffsche Problem, 4; Mathematisches Seminar: Übungen über Differentialgleichungen, $1^1/_2$ *g.* — **Vahlen**: Algebra I, 4, Übungen, 1 *g*; Politische Arithmetik, 1 *g.* —

Universität Halle.

Dorn: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Laboratorium: a) Übungspraktikum, 6, b) Halbpraktikum, 3, c) Arbeiten von Geübten, tägl.; Theorie der Elastizität, 2 *g.* — **Schmidt**: Theorie des Magnetismus und der Elektrizität, 4; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g.* —

Vorländer: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium (in der pharmazeutischen Abteilung mit Schulze), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Schulze), 4; Über Doppelsalze und Komplexsalze, 1 *g.* — **Schulze**: Darstellung und Prüfung der Arzneimittel II, 2; Neuere Arzneimittel, 1 *g.* — **Baumert**: Gerichtliche Chemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, ganz- oder halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum. — **Erdmann**: Chemische Technologie II: Lichterzeugung und elektrische Energie, Keramik, Metallgewinnung, Explosivstoffe, Verarbeitung organischer Rohstoffe, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend; Praktischer Kursus für Gasanalyse, Heizwertbestimmungen und technische Analyse, 4. — **Tubandt**: Physikalische Chemie, 2; Elektroanalyse, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend, für Anfänger, 6. —

Cantor: Analytische Mechanik, 5; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g.* — **Wangerin**: Theorie der Raumkurven und Flächen: Differentialgeometrie, 4; Elemente der synthetischen Geometrie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g.* — **Gutzmer**: Theorie der analytischen Funktionen, 4; Integralrechnung, mit Übungen, 4; Übungen des mathematischen Seminars, 14tägig, 2 *g.* — **Eberhard**: Lineare Gleichungen und Determinanten, 2; Über die Natur der Irrationalzahlen, 2; Mathematisches Kolloquium, 1 *g.* — **Buchholz**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Mechanik des Himmels: Analytische Störungstheorie, 2. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Schall, strahlende Energie, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik (mit Leithäuser), 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium (mit Beckmann, Brückmann, Kempe und Bischoff), I, 8, II, III, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g.* — **Heim**: Elektrische Anlagen I (mit Herzberg), 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren (mit Herzberg), 2, Übungen, 2; Telegraphie und Telephonie, 2; Elektrische Bahnen, 1; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger II, 1; Elektrotechnische Meßkunde I 2, 2; Elektrische Apparate, 1 *g.* — **Brückmann**: Einphasen-Kollektormotoren, 1 *g*; Elektrotechnisches Seminar, 14tägig, 2. —

Seubert: Anorganische Chemie, 6; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie (mit Eschweiler, Kircher und Schliephacke), tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie (mit Decker und Grohmann), tägl. außer Sonnabend. — **Decker**: Einführung in die Geschichte der Chemie, 1; Organisch-chemische Arbeitsmethoden, 1. — **Jänecke**: Phasenlehre, 1. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie (mit Schliemann), tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Grundzüge der technischen Elektrochemie, 2; Elektrochemische Übungen (mit Meinecke), 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut (mit Meinecke), tägl. außer Sonnabend; Übungen in der Elektroanalyse (mit Meinecke), 7. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I, 8, Übungen, 2, Repetition, 1; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Variationsrechnung, 2. — **Müller**: Höhere Mathematik I B, 5, Übungen, 2; Anwendungen der höheren Mathematik: Vektoranalysis, 1. — **Wieghardt**: Grundzüge der höheren Mathematik, 3, Übung, 1; Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 1; Über die für die technische Mechanik wichtigen Differentialgleichungen, 1. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie (mit Richter und Pabst), 3, Übungen, 6, II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Oertel**: Geodäsie I (mit Petzold), 4, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Weber**: Mechanik (mit Wickert und Witte) I: Grundzüge der Mechanik, 3, Seminarübungen, 2, II: Dynamik und Hydrodynamik, 4, Seminarübungen, 1, III: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Statik der Baukonstruktionen, 3, Seminarübung, 1. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g.* — **Pockels**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Theoretisch-physikalische Übungen, 1 *g*; Krystallphysik, 2. — **Becker**: Radiologie: Kathodenstrahlen mit Demonstrationen, 2. — **Hertz**: Mechanische Grundlagen der Wärmelehre: Statistische Mechanik, 2. — **Ramsauer**: Mathematische und historische Erläuterungen zur Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 2. — **Müller**: Die atmosphärische Luft und ihre Bestandteile, 1. — **Schmidt**: Photographisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie II: Metalle und organische Verbindungen, tägl.; Chemisches Praktikum für Anfänger und Geübtere auf den Gebieten der anorganischen, organischen, physikalischen, analytischen, pharmazeutischen Chemie und Gärungschemie (mit Jannasch, Knoevenagel, Trautz, Stollé, Mohr, Darapsky, Franzen, Ebler und Muckermann), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel,

1; Gasanalytisches Praktikum (mit Franzen), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate, 3; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe, 2; Praktische Anwendung organischer Farbstoffe in der Färberei und Druckerei der Textilfasern. — **Trautz**: Physikalische Chemie I, 3; Chemische Reaktionsgeschwindigkeit und Katalyse, 1; Einführung in die mathematischen Hilfsmittel der physikalischen Chemie, 1; Theoretische Übungen in physikalischer Chemie für Vorgeschrittene, 1; Praktische Einführung in die physikalische Chemie und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum, 5 oder 3 Halbtage; Chemisches Praktikum, 4 Wochen. — **Dittrich**: Neuere Methoden der Mineral- und Gesteinsanalyse, 1; Chemisches Praktikum für Anfänger und Nichtchemiker, sowie für Vorgeschrittenere, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum in analytischer und organischer Chemie, 4 oder 5 Wochen. — **Stollé**: Pharmazeutische Chemie II, organischer Teil, 3; Qualitative Analyse, 2; Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2. — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Darapsky**: Repetitorium der organischen Chemie, 2; Geschichte der Chemie, 2. — **Franzen**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1; Biochemie III: Die chemischen Bausteine des Tierkörpers, 2; Praktische Einführung in die Bakteriologie und Gärungschemie. — **Ebler**: Spektralanalyse, einschließlich Refraktometrie, Kolorimetrie und Spektralphotographie, 2. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel, 2; Wasser und Harnanalyse, 1. —

Koenigsberger: Differential- und Integralrechnung II, 2; Höhere Algebra: Theorie der Gleichungen, 4; Elemente der Zahlentheorie, 1; Übungen im mathematischen Unter- und Oberseminar, 2. — **Wolf**: Spektralanalyse, 3 *g*. — **Cantor**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Elementare Arithmetik, Zahlentheorie und Algebra, 2. — **Koehler**: Synthetische Geometrie, 4. — **Boehm**: Elementarmathematik I: Grundlagen der Arithmetik, Algebra und Analysis, 4. — **Bopp**: Potentialtheorie, 2. — **Kopff**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 1. —

Universität Innsbruck.

v. Lerch: Experimentalphysik I, 5¼; Praktische Übungen für Mediziner, 2 *g*, für Anfänger, 6, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Tumlirz**: Theoretische Optik, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g*. — **Hammerl**: Elektrotechnik I, *g*. — **Exner**: Allgemeine Meteorologie, 2; Dynamik der Atmosphäre (mathematisch), 2; Konversatorium, 1. — **v. Ficker**: Die Klimazonen der Erde, 1. —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5¼; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig. — **Hopfgartner**: Elektrochemie, 3; die Eigenschaften der Lösungen, 1. — **Zehenter**: Einführung in die chemische Technologie, 2 *g*. —

Gmeiner: Bestimmte einfache und mehrfache Integrale, 3; Anwendung der Infinitesimalrechnung auf die Geometrie, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*. — **Zindler**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Differentialrechnung, 1 *g*. — **Menger**: Elemente der darstellenden Geometrie, 2 *g*. — **Prey**: Mechanik des Himmels, 4. —

Universität Jena.

Baedeker (i. V.): Experimentalphysik II: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen. — **Auerbach**: Theoretische Optik, 4; Geschichte der Physik im 19. Jahrhundert, zugleich als Übersicht der Gesetze und Theorien, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Musik mit Experimenten und Demonstrationen, 1½. — **Straubel**: Physikalische Spezialuntersuchungen; Abbildungstheorie, 1. — **Simons**: Gleich- und Wechselstromtechnik, 2; Elektrotechnische Meßkunde, 1; Entwicklung der Wärmekraftmaschinen, 1; Landwirtschaftliche Maschinen I, 2; Kleines Praktikum für technische Physik, 3; Praktikum für Fortgeschrittene. — **Baedeker**: Ausgesuchte Kapitel der Optik: Dispersion, Emission, Absorption, 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff), ganz- und halbtägig; Mediziner-Vollpraktikum, 6; Mediziner-Halbpraktikum, 3; Praktikum in der organischen Abteilung und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rabe und Fecht), tägl. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Großes chemisches Praktikum für Landwirte, tägl.; Kleines chemisches Praktikum für Landwirte, 7; Agrikulturchemisches Seminar für Fortgeschrittene, 14tägig, 2 *g*. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, organischer Teil, 2; Technisch-chemisches Praktikum, ganz- und halbtägig; Technisch-chemischer Kursus für Nationalökonomen, 4; Technisch-chemische Analyse für Chemiker, 4. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 3; Pharmazeutisches Halbpraktikum, Untersuchung und Darstellung pharmazeutisch-chemischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, tägl.; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Rabe**: Gasanalyse, 1; Besprechung neuerer chemischer Arbeiten (mit Fecht), *g*. — **Marc**: Einführung in die physikalische Chemie I, mit Übungen, 2; Die Grundlagen der chemischen Thermodynamik, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf physikalisch-chemischem Gebiete, *g*. — **Fecht**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 1. —

Thomae: Elementare Funktionentheorie: Algebraische Analysis, 5. — **Haußner**: Algebra, 4; Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Analytische Geometrie des Raumes, 4, Mathematisches Proseminar (mit Thaer), 2 *g*; Mathematisches Seminar, 14tägig, 1½. — **Frege**: Analytische Mechanik, 4; Begriffsschrift, 1 *g*. — **Knopf**: Mathematische Geographie, 2; Sphärische Astronomie, 2. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2. — **N.N.**: Technische Mechanik, 4, Übungen, 1; Photogrammetrie, 1, Übungen, 1. — **Thaer**: Gruppentheorie, 2; Einführung in die höhere Mathematik, 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Experimentalphysik, 4, Ergänzende Demonstrationen, 2, Seminar, 2 *g*; Physikalisches Laboratorium (mit Sieveking), 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium. — **Sieveking**: Einführung in die mathematische Physik, 3; Repetitorium der Physik, 2; Optik für Chemiker, 1. — **Arnold**: Dynamobau I: Allgemeiner Teil und Gleichstrommaschinen, 3, II: Wechselstromgeneratoren und Umformer, 2; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I (mit Schleiermacher), 9, II, 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 2; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrische Messungen, 1. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Elektrische Leitungen und Verteilung elektrischer Energie, 2, Übungen, 2; Schwachstromtechnik, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen. — **Hallo**: Theorie des Wechselstromes II, einschließlich Transformatoren und Induktionsmotoren, 4, Übungen, 2. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Kabelprobleme, 1. — **Schwaiger**: Elektrische Bahnen und elektromotorische Betriebe, 2, Übungen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2, Übungen, 2. — **Grimm**: Signal- und Sicherungsanlagen, 1. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. — **Schmidt** Photographisches Praktikum, mit Vorträgen über die Theorie

der Photographie, Darstellung lichtempfindlicher Präparate, 4. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisches Kolloquium (mit Staudinger), 1; Theoretische Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Zuckerfabrikation, Gärungsgewerbe, Brauerei, Brennerei usw., 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 und 3; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Übungen in der technischen Analyse, für Vorgerücktere, tägl.; Technologische Exkursionen. — **Haber**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektrochemischer Einführungskurs (mit Leiser). — **Askenasy**: Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse für Maschineningenieure und Elektrotechniker, 1; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung, 1, Übungen, 4. — **Herzog**: Gärungschemie: Fermente und Enzyme, 2; Naturwissenschaftliche Grundlagen der Hygiene, 2. — **Just**: Photochemie, 2. — **Leiser**: Die Phasenlehre und ihre metallurgischen Anwendungen mit Demonstrationen (Metallographie), 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung der Nahrungsmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Skita**: Chemie der Farbstoffe und der Textilindustrie I, 2; Praktische Übungen in Färberei und Druckerei, 2. — **Staudinger**: Organische Chemie II, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen, 1. — **Ubbelohde**: Industrie des Petroleums, der Fette und Harze, 2. — **Wöhler**: Analytische Chemie II, 2; Anorganisch-chemische Tagesfragen, 1. —

Disteli: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2. — **Heun**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik II, 3; Elliptische Funktionen und deren Anwendungen, 2. — **Stäckel**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Mohrmann**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Vogt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 2, Übungen, 1; Mathematische Instrumente und ihre praktische Verwendung, mit Übungen, 1. — **Winkelmann**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Allgemeine Mechanik fester, elastischer Körper, 2. — **Haid**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum I, 2, III, 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **Bürgin**: Katastervermessung II, Feldbereinigung, 3, Übungen, 2; Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4; Graphische Ausarbeitung der großen geodätischen Exkursion, 2. — **Stutz**: Organisation der Katastervermessung, 2, Übungen, 1. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, Magnetismus, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 8 und 4, für Fortgeschrittene, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Weber und Zahn), 2 *g*. — **Weber**: Einleitung in die theoretische Physik: Mechanik und Optik, 4; Theorie physikalischer Meßapparate, mit anschließenden Übungen, 1; Die Methoden der Lichtmessung, mit Demonstrationen, 1; Ausgewählte physikalische Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. —

Harries: Organische Experimentalchemie, 4; Chemisches Praktikum I: Anorganische Abteilung (mit Biltz), tägl. außer Sonnabend, II: Organische Abteilung, tägl.; Chemische Gesellschaft: Vorträge über neuere Arbeiten auf allen Gebieten der Chemie (mit Rügheimer, Biltz, Feist, Preuner und Mumm), 2 *g*. — **Rügheimer**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3; Über die Alkaloide und deren Ermittelung bei Vergiftungsfällen, 1, Ergänzung, *g*; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Biltz**: Chemie der Metalle, 3. — **Berend**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1 *g*; Repetitorium der organischen Chemie für Mediziner, $^3/_4$. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Feist**: Chemie der Benzolderivate, 2; Organisch-chemische Großindustrie: Steinkohlendestillation, Farbstoffe, Sprengstoffe usw., 1 *g*. — **Preuner**: Elektroanalytische Übungen, 2 bis 3 Wochen; Einführung in die physikalische Chemie, 2. — **Mumm**: Einige Kapitel aus der anorganischen Chemie, 1; Praktische Übungen in der Anwendung organischer Farbstoffe, 2. —

Pochhammer: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Theorie der bestimmten Integrale, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Allgemeine Astronomie, 2; Sphärische Astronomie, 3; Übungen im numerischen Rechnen, 1 *g*. — **Hefftter**: Integralrechnung, 4, Übungen, 1 *g*; Darstellende Geometrie II: Axonometrie und Perspektive, mit Zeichenübungen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **Kobold**: Bahnbestimmung von Kometen und Planeten, 2; Übungen zur Theorie der Bahnbestimmung, 1 *g*; Übungen an den Instrumenten der Sternwarte, *g*. — **Landsberg**: Zahlentheorie, 4, Übungen, 1 *g*; Grundlagen der Geometrie, 2. —

Universität Königsberg.

Volkmann: Theorie des Lichtes, 4, Übungen und Ergänzungen, 1 *g*; Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6; Leitung großer spezieller Arbeiten, ganztägig. — **Kaufmann**: Experimentalphysik II: Optik, Magnetismus und Elektrizität, 2, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen für Anfänger, 3, für Vorgeschrittene und Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*. —

Klinger: Anorganische Chemie, 4; Übungen im Laboratorium (mit Blochmann und Benrath), 2 Tage; Praktikum für Mediziner, 3 Nachmittage; Metalle und Salze, 1 *g*; Besprechung neuerer Arbeiten (mit Blochmann und Benrath), 1 *g*. — **Blochmann**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse, 2; Gasanalyse mit Übungen; Maschinelle Hilfsmittel der chemischen Technik, 1 *g*. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, Aliphatische Reihe, 2; Untersuchung von Wasser und Harn, 1; Praktische Übungen im pharmazeutisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Arzneimittelprüfung, 1 *g*. — **Benrath**: Elektrochemie, 2; Kolloidchemie, 1 *g*. —

Meyer: Analytische Geometrie II, 3, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Schönflies**: Funktionentheorie, 4, Übungen, $1^1/_2$ *g*. — **Battermann**: Sphärische Astronomie, 2; Methode der kleinsten Quadrate, mit Rücksicht auf die Praxis, 1 *g*. — **Kaluza**: Integralrechnung, 4 Übungen, 1 *g*; Algebra der Logik, 2. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Praktikum (mit Scholl und Jaffé), 9, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Optik isotroper Medien, 4, Ergänzungen, 1 *g*; Thermodynamische Übungen (mit Fredenhagen), 1 *g*; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **v. Oettingen**: Elemente der Physik, 2. — **Marx**: Entladung der Elektrizität in Gasen, 2. — **Scholl**: Die Energiequellen und ihre Verwendung in industriellen Betrieben, 2; Übersicht über die gesamte Experimentalphysik, besonders für Zahnärzte, 3. — **Dahms**:

Elastizität und Akustik (theoretisch), 2. — **Fredenhagen**: Einführung in die theoretische Physik, 2. — **Jaffé**: Kinetische Gastheorie, 2. — **Lilienfeld**: Die Verflüssigung der Gase und die Anwendungsgebiete tiefer Temperaturen, 2. —

Beckmann: Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Chemisches Praktikum, tägl., für Mediziner, 6; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Heller, Deussen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technisches Praktikum (mit Heller), tägl. — **Hantzsch**: Organische Chemie, 5; Chemisches Praktikum für Analytiker, tägl.; Chemisches Vollpraktikum für Vorgerücktere (mit Stobbe, Rassow und Ley), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologisches Praktikum, tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum (mit Drucker und Freundlich), tägl.; Photochemisch-photographisches Praktikum (mit Schaum), tägl.; Chemisches Praktikum (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit Schall und Drucker), 4 oder 8; Photographische Übungen (mit Schaum), 4; Übungen in Elektroanalyse (mit Böttger), halbtägig; Physikalisch-chemisches Kolloquium (mit Schaum, Böttger, Drucker und Freundlich), $1^1/_2$ *g*. — **Stobbe**: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Farbstoffe, 1; Mehrkernige aromatische Verbindungen: Gruppe des Diphenyls, der Polyphenylmethane, des Naphthalins, Anthrazens usw., 1. — **Wagner**: Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl., Didaktische Besprechungen: Elektrochemie, 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Stärke, Zucker, Gärungsgewerbe, Fette und Öle, mit Exkursionen, 2; Ausgewählte Betriebe der chemischen Großindustrie, mit Exkursionen, 2; Chemisch-technologisches Praktikum, tägl. — **Ley**: Analytische Chemie: Qualitative Analyse für Anfänger und Fortgeschrittenere, 2; Stereochemie, mit besonderer Berücksichtigung der optisch aktiven Verbindungen, 1. — **Schaum**: Temperaturstrahlung: Strahlungsgesetze, Strahlungspyrometrie, Lichterzeugung, Photometrie, mit Demonstrationen, 1; Mikroskopische Demonstrationen: Polarisationsmikroskopie, mikrochemische Reaktionen, Ultramikroskopie usw., 1. — **Böttger**: Elektroanalyse, 1. — **Heller**: Allgemeine und angewandte Chemie: Organischer Teil, 2. — **Deussen**: Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, mit Exkursionen, 1. — **Drucker**: Konvergenz physikalisch-chemischer Theorien und Methoden, an Beispielen erläutert, 1. — **Freundlich**: Anwendung der Thermodynamik auf chemische Fragen, 2. — **Scheiber**: Die Technik des organisch-chemischen Arbeitens, 2. — **Sieverts**: Molekulargewichtsbestimmung und Molekulartheorie, 1. — **Ostwald**: Kolloidchemie in elementarer Darstellung, mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendungen in Biologie, Medizin usw., 1. — **Waentig**: Über Fermente, 1. — **Schaefer**: Die Anwendung spektroskopischer Methoden auf chemische Probleme, mit Demonstrationen, 1; Die Wandlungen des Atombegriffs, 1 *g*. —

Neumann: Ausgewählte Kapitel der Mathematik, 3. — **Bruns**: Himmlische Mechanik, 4; Praktische Analysis, 2 *g*; Astronomisches Praktikum (mit Peter), *g*. — **Hölder**: Analytische Mechanik, 5, Übungen (mit Liebmann), 1 *g*; Zahlentheorie, 2. — **Rohn**: Anwendung der Differentialrechnung auf Kurven und Flächen, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 2. — **Herglotz**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Elemente der Theorie der partiellen Differentialgleichungen, 2. — **Peter**: Bestimmung der Fixsternörter, 2. — **Liebmann**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Nichteuklidische Geometrie, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Ergänzungen (elementarmathematisch), 1 *g*; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Wärmelehre, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Kinetische Gastheorie, 2. — **Wegener**: Astronomisch-geographische Ortsbestimmung für Forschungsreisende, mit Übungen, 1. —

Zincke: Experimentalchemie II: Organische Chemie, 5; Praktische Übungen in anorganischer, organischer und analytischer Chemie, sowie selbständige chemische Arbeiten (mit Fries), tägl., für Mediziner, halbtägig; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Fries), 1. — **Schmidt**: Über Ausmittelung von Giften, *g*; Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige chemische Arbeiten (mit Keller). — **Fittica**: Chemische Analyse, 3; Ältere Geschichte der Chemie, 1 *g*. — **N. N.**: Physikalische Chemie, mit Übungen. — **Reißert**: Chemie der Benzolverbindungen, 2. — **Fritsch**: Pyridinderivate, 1 *g*. — **Fries**: Organische Chemie: Aliphatische Verbindungen, 3; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1; Chemische Technologie für zukünftige Verwaltungsbeamten, 1. — **Keller**: Zusammensetzung und Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 2; Untersuchung galenischer Präparate, 1; Prüfung von Arzneimitteln, 1 *g*; Übungen im Sterilisieren, 2. — **Flade**: Chemische Technologie II: Kraft-, Wärme-, Lichterzeugung, 2; Grundlagen der analytischen Chemie, 1; Gasanalytisches Praktikum, 3. —

Hensel: Zahlentheorie, 4; Analytische Geometrie des Raumes, speziell Theorie der Oberflächen zweiter Ordnung, 4; Mathematisches Seminar, 2. — **Neumann**: Elliptische Funktionen, 4; Gewöhnliche Differentialgleichungen, 3; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Dalwigk**: Integralrechnung, 4, Ergänzungen zur Differential- und Integralrechnung, 1; Geodäsie II, 2; Höhere Kapitel aus der darstellenden Geometrie, mit Übungen, 2. — **Hellinger**: Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 3; Theorie der Determinanten, 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Licht, 5; Praktische Übungen im Laboratorium (mit Koch und Wagner), 12; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Sommerfeld**: Analytische Mechanik, 4, Übungsaufgaben, 2 *g*; Geometrische Optik, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl. — **Graetz**: Physik (experimentell) I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Einleitung in die theoretische Physik II, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, tägl. *g*. — **Donle**: Einführung in die elektromagnetische Theorie des Lichtes, 2. — **Laue**: Vektoranalysis, 2 *g*; Besprechung über die Anwendung der Thermodynamik auf chemische Fragen, 2 *g*. — **Koch**: Experimentalphysik I und II, 5; Photographie als Hilfsmittel der physikalischen Forschung, mit Demonstrationen, 1. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. — **Wagner**: Mathematische Ergänzungen zur Experimentalphysik I, 1. —

v. Baeyer: Unorganische Experimentalchemie für Studierende aller Fächer, 5; Unorganische und organische Experimentalchemie (mit Piloty) für Studierende der Zahnheilkunde, 5; Praktische Arbeiten im chemischen Laboratorium (mit Piloty in der unorganischen, mit Dimroth, Dieckmann und Wieland in der organischen Abteilung), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 3; Nahrungsmittelchemie I, $1^1/_2$; Chemisches Praktikum, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittelchemischer Arbeiten (analytisch-chemische Übungen mit Prandtl), tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, einschließlich der Übungen

in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren (Pharmazeutisch-chemische Übungen mit Heiduschka), tägl. außer Sonnabend. — **N.N.**: Spezielle unorganische Experimentalchemie: Metalloide und Schwermetalle, mit besonderer Berücksichtigung der physikalischen Chemie, 3; Praktikum für Gasanalyse, 4; Physikalisch-chemisches Praktikum einschließlich Spektralanalyse, 4. — **Piloty**: Analytische Chemie I: Qualitative und quantitative Gewichtsanalyse, 3; Elektrolytisches Praktikum, ganztägig; Spezielle organische Chemie: Biochemie, 3. — **Dimroth**: Benzolderivate, 4. — **Dieckmann**: Organische Reaktionen, 1 *g*. — **Wieland**: Neuere organische Arbeiten in ausgewählten Kapiteln, 2; Die Grundlinien der physiologischen Chemie II, 1. — **Prandtl**: Anorganisch-chemische Technologie I, mit Exkursionen, 3; Erläuterungen zum anorganisch-chemischen Praktikum, 2. — **Heiduschka**: Ausmittelung von Giften: Gerichtliche Chemie, 2; Chemische Wertbestimmung von Drogen und galenischen Arzneimitteln (Erläuterungen zum pharmazeutisch-chemischen Praktikum), 1. —

Lindemann: Theorie der Funktionen einer komplexen Variabeln, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4; Einleitung in die Theorie der Transformationsgruppen, 2; Mathematisches Seminar, 1½ *g*. — **v. Seeliger**: Mechanik des Himmels I: Die klassische Theorie der planetaren Störungen, 4; Astronomisches Kolloquium, *g*. — **Voß**: Algebra, 4; Theorie der Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Pringsheim**: Differentialrechnung, 5; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 4. — **Brunn**: Neueste Entwicklungen der Analysis situs, 2. — **Doehlemann**: Darstellende Geometrie I, 5, Übungen, 3; Liniengeometrie in synthetisch-analytischer Behandlung, 4; Das Imaginäre in der Geometrie, 1 *g*. — **Großmann**: Anleitung zur Ausführung astronomischer Rechnungen und zum Gebrauch der Jahrbücher, 3. — **Hartogs**: Theorie der Raumkurven und krummen Flächen, 4. —

Technische Hochschule München.

Ebert: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärmelehre, Elektrophysik I, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik. — **K. Fischer**: Grundzüge der Physik: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts an Mittelschulen I: Mechanik, Akustik und Wärme, 3. — **Knoblauch**: Anwendungen der Thermodynamik auf physikalisch-chemische Erscheinungen, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik. — **Emden**: Die Drachenflieger, 2; Meteorologie und Klimatologie, 2. — **von und zu Aufseß**: Astrophysik, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie: Technische Thermodynamik, 2, Übungen, 1. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Übung, 3. — **Voit**: Angewandte Physik: Heizung, Lüftung, Akustik der Gebäude, Blitzableiter, 3, Übungen, 2; Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrische Meßtechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8, für Vorgeschrittene, 20 bis 32. — **Ossanna**: Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Synchronmotoren, 3; Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Bau und Betrieb elektrischer Anlagen I: Verwertung elektrischer Arbeit, 2 und 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen, 2. —

Muthmann: Unorganische Experimentalchemie einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Chemisches Praktikum im analytischen und elektrochemischen Laboratorium, 10, 20 oder 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der unorganischen Chemie und der Elektrochemie, 30. — **Lipp**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20 bis 30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Eibner**: Geschichte der aromatischen Diazoverbindungen, 1; Grundzüge der Malmaterialienkunde, 2; Praktikum für Maltechnik, 20—30. — **Rohde**: Heterozyklische Verbindungen II, 1. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2. — **Schultz**: Chemische Technologie mit Brennmaterialienlehre und Feuerungskunde II, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, 30; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungschemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, 30. —

v. Dyck: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Geometrie der Kurven und Flächen im Raum, 4; Mathematisches Seminar (Kolloquium) (mit Finsterwalder und Burkhardt), 2. — **Burkhardt**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3; Anwendung der Funktionentheorie auf physikalische Probleme, 2. — **Finsterwalder**: Grundzüge der höheren Mathematik, 4, Übungen, 2; Photogrammetrie, 2, Übungen, 1. — **N.N.**: Elementare Mathematik, 4, Übungen, 1; Projektive Geometrie, 4; Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, Übungen, 2. — **Burmester**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum I, 2 und 4; Landesvermessung, 4; Katastertechnik I, 3, Praktikum III, 4; Kartierungsübungen, 4. — **Bischoff**: Rechnungsmethode der K. Bayer. Katasterverwaltung, 1; Graphisches und mechanisches Rechnen: Rechenschieber, Rechenmaschinen, Planimeter usw., 1. — **Großmann**: Elemente der Astronomie, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 5; Physikalisches Praktikum (mit Matthies), 3 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Konen und Matthies), 14tägig, 2 *g*. — — **Konen**: Theoretische Physik: Elektrizität und Optik, 4, Übungen II, 1 *g*; Wissenschaftliche Photographie und photographisches Praktikum für Anfänger und Fortgeschrittene, mit Exkursionen (mit Thiel), 3. — **Matthies**: Elektronentheorie, 2. —

Salkowski: Anorganische Chemie, 5; Organische Chemie II: Zyklische Verbindungen, 2 *g*; Übungen im chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Kaßner und Thiel), 6. — **König**: Chemie der menschlichen Nahrungs- und Genußmittel, 2 *g*; Übungen im Laboratorium der agrikulturchemischen Versuchsstation, tägl. *g*. — **Kaßner**: Maßanalyse, 1 *g*; Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuchs, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungen des elektrischen Stromes, 1; Pharmazeutisch-chemische und toxikologische Übungen, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Bearbeitung selbständiger wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, tägl. außer Sonnabend. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretisch-chemische Übungen, 1 *g*. — **Bömer**: Technologie und Analyse der Fette, Harze und Wachse, 1 *g*; Besprechung ausgewählter Kapitel der Nahrungsmittelchemie, 1 *g*. —

Killing: Analytische Geometrie II, 4, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Fragen der Elementar-Mathematik, 4; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **v. Lilien-**

thal: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen zur Integralrechnung, 1 *g*; Elemente der Determinanten und Algebra, 2; Ausgewählte Kapitel der Differentialgeometrie, 2; Politische Arithmetik, 1; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **Dehn**: Graphische Statik, mit Übungen, 4; Synthetische Geometrie, 2. — **Plaßmann**: Methode der kleinsten Quadrate, 2; Beobachtung und Theorie der veränderlichen Sterne, 2; Die Fixsterne, 2 *g*; Übungen im Beobachten und Rechnen, *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Mechanik der festen Körper, 1; Dynamomaschinen und Motoren, 2; Physikalisches Kolloquium, 1; Physikalische Übungen, 3. —

Wörner: Einführung in die anorganische Chemie, 2. —

Kummerow: Geometrie der Ebene, 2; Integralrechnung, 1. — **Könnemann**: Physik der Kometen und Meteore, Fixsterne und Nebelflecke, 1. —

Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, a) für Physiker und Mathematiker, 6, b) für Chemiker und Naturhistoriker, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Spitaler**: Meteorologie III: Hydrometeore, 3; Die Eiszeiten der Erde, 2 *g*. —

Goldschmiedt: Anorganische Chemie, 5, Chemische Experimentierübungen, 2; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, halbtägig; Übungen in sanitätspolizeilichen Untersuchungen und in der Prüfung der offizinellen chemischen Präparate für Physikatskandidaten, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I: Stöchiometrie und Verwandtschaftslehre, 4; Sauerstoff und Schwefel vom physikalisch-chemischen Standpunkt, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Hönigschmid**: Qualitative chemische Analyse, 2; Quantitative chemische Analyse, 2. — **Meyer**: Einführung in die Kolloidchemie, 1. —

Pick: Differential- und Integralrechnung, 3; Funktionen komplexer Variablen, 2; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Grünwald**: Liniengeometrie, 3; Unendliche Reihen, 2. — **Weinek**: Sphärische Astronomie I, 3. — **Oppenheim**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 3. — **Scheller**: Spektralanalyse, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Physik, 5, für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum für Chemiker, 3, für Lehramtskandidaten, 6. — **Puluj**: Allgemeine Elektrotechnik, 4; Praktische Übungen, 3; Ausgewählte Kapitel der Wechselstrom-Elektrotechnik, 1. — **Außerwinkler**: Praktische Photographie, 1, Übung, 4. — **Pichl**: Meteorologie und Klimatologie, 3. —

Meyer: Allgemeine Experimentalchemie: Mineralstoffe, 6; Analytische Chemie (qualitative), 2; Praktische Übungen in der qualitativen Analyse, 21; Praktische Übungen in der quantitativen Analyse, 25; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, 30; Einführung in die Kolloidchemie, für Geübtere, 1. — **Storch**: Chemie der Metalle und technische Metallgewinnung (I. und II. Gruppe des periodischen Systems), 2; Maßanalyse und chemische Arithmetik, 1; Physikalische Chemie III: Elektrochemie, 3, I: Chemische Statik und Dynamik, 2; Physikalisch-chemisches Laboratorium; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15; Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3. — **v. Gintl**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und über die Methode der chemischen Untersuchung derselben, 2, Übungen, 6; Praktische Unterweisung in der chemischen Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsartikeln, 1, Übungen, 4; Elementaranalyse organischer Verbindungen, 2, Übungen, 2; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe: Chemische Großindustrie, Glas- und Tonwarenerzeugung, 5; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, 23. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe: Erzeugung von Zucker, Stärke, Bier, Spiritus, Wein, Essig, Natürliche und künstliche Farbstoffe, Technologie der Fette, Öle und Erdöle, $6^1/_2$; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, $23^1/_2$. —

Carda: Mathematik I, 3 und 6; Elemente der höheren Mathematik, Übungen, 6; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung: Einführung in die Variationsrechnung, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2. — **Kowalewski**: Mathematik II, 5, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 4. — **Janisch**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktive Übungen, 8, 5 und 6; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 4; Übungen in der darstellenden Geometrie für Vorgeschrittene, 6. — **Stark**: Enzyklopädie der Mechanik II, 2; Mechanik I, 6, Repetitorium, 1; Graphische Statik, 2, Konstruktive Übungen, 2; Materialienlehre, 1. — **Adamczik**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Praktische Geometrie I: Niedere Geodäsie, $4^1/_2$, Übungen, 2, III: Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätische Schlußübungen, 15 Tage; Geodätisches Rechnen, Übungen (Geodätisches Praktikum), 2; Technisches Zeichnen A: Plan- und Terrainzeichnen, 4 und 3. — **Haerpfer**: Stereophotogrammetrie, 1. — **Grünwald**: Algebraische Bewegungen und geometrische Transformationen, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Optik, 5; Physikalische Übungen für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl.: Physikalisches Seminar (mit Weber), 1 *g*. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 4, Übungen, 1; Mechanische Wärmetheorie, 2. —

Michaelis: Organische Chemie, 5; Übungen im chemischen Laboratorium: a) Großes Praktikum, tägl. außer Sonnabend, b) Kleines Praktikum, 9, c) Toxikologisches Praktikum (mit Stoermer), 4, d) Übungen für Mediziner, 4, e) Übungen für Nahrungsmittelchemiker (mit Kunckell), 4; Pharmazeutische Präparatenkunde, 2 *g*. — **Stoermer**: Analytische Chemie, 4; Gerichtlich-toxikologische Chemie, 2. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Statik, Kinetik, Thermochemie, Photochemie, 4; Kleines physikochemisches Praktikum, 4; Physikochemisches Vollpraktikum: Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Kunckell**: Repetitorium der pharmazeutischen Chemie, 3; Examinatorium der Chemie für Pharmazeuten, 2; Untersuchung der Arzneimittel, 1; Einführung in die Nahrungsmittel- und Harnanalyse, 1 *g*. —

Staude: Differential- und Integralrechnung, 4; Theorie der analytischen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 13; Übersichtskursus für Mediziner, ca. 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Kolloquium (mit Cohn), 2 *g*. — **Cohn**: Mechanik, 3; Die neuere Entwicklung der Elektrodynamik, 2; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Mandelstam**: Telegraphie und Telephonie II, 2; Physikalisches Praktikum für Studierende des höheren Postfaches II, 5. — **Hergesell**: Die heutigen Luftschiffe und Flugmaschinen, 2; Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium, 14tägig, 2; Meteorologische Übungen für Geübtere, *g*. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend, in der anorganischen Abteilung, halbtägig; Kollo-

quium über neuere chemische Literatur (mit Wedekind und Straus), 14tägig. *g.* — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*; Toxikologie, für Pharmazeuten, 2; Übungen und Untersuchungen im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopisches Praktikum (mit Rosenthaler) I, 3, II, 2—3; Chemisches Praktikum für Nahrungsmittelchemiker (mit Kreutz), tägl. außer Sonnabend. — **Kreutz**: Zuckerfabrikation und Bierbrauerei mit Exkursionen, 1. — **Rosenthaler**: Galenische Präparate, mit besonderer Berücksichtigung des 5. deutschen Arzneibuchs, 1; Praktikum der Harnuntersuchung, 3. —

Weber: Differential- und Integralrechnung, 4; Elliptische Funktionen, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars (mit Wellstein, Epstein und v. Mises), $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Schur**: Projektive Geometrie des Raumes, 4; Grundlagen der Geometrie, 2; Übungen des mathematischen Seminars, für Vorgerückte, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Wellstein**: Einführung in die Theorie der algebraischen Funktionen, 4; Riemannsche Flächen, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 1 *g*. — **v. Mises**: Analytische Geometrie, 4; Kinematik und Kinetik starrer Körper, 2; Seminarübungen in angewandter Mathematik, $1\frac{1}{2}$ *g*. — **Simon**: Geschichte der Mathematik von den Arabern bis zur Verbreitung infinitesimaler Methoden, 2. — **Epstein**: Einführung in die Theorie der linearen Differentialgleichungen, 2. — **Bauschinger**: Einleitung in die theoretische Astronomie, 4; Methode der kleinsten Quadrate, mit Übungen, 1 *g*; Astronomische Beobachtungen für Geübtere. — **Wirtz**: Das Sonnensystem, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

Koch: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Elektrostatik, Magnetismus, Elektrokinematik, 4; Theoretische Physik, 2; Übungen im physikalischen Laboratorium (mit Maier), I für Anfänger, II für Vorgerücktere; Handfertigkeits-Praktikum in Physik, für Vorgeschrittene, 2—3; Meteorologie (ausgewählte Kapitel), 1. — **Wallot**: Theorie der Wärme, 2—3. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik, 6; Elektrische Maschinen und Apparate I, 3; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Einrichtung und Betrieb elektrotechnischer Fabriken, 1; Projektieren elektrischer Anlagen, Übungen, 4; Überblick über den heutigen Stand einiger Sondergebiete der Elektrotechnik (mit v. Dietrich, Herrmann, Kazenmaier und Brauburger) 14tägig, 1 Abend. — **v. Dietrich**: Elektrische Beleuchtung, 2; Elektrotechnische Meßkunde II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, Übungen II (mit Herrmann), III. — **Herrmann**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2; Schwachstromtechnik, 2, Übungen; Theorie der Wechselströme, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, Übungen II; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. —

v. Hell: Unorganische Chemie, 4; Organische Chemie, 5; Übungen im Laboratorium für reine und pharmazeutische Chemie (mit Kauffmann, Schmidt, Bauer). — **Müller**: Elektrochemie, 2; Technische Chemie, 2; Analytische Chemie auf physikochemischer Grundlage, 1; Übungen im Laboratorium für Elektrochemie und Technische Chemie (mit Koppe). — **Häußermann**: Chemische Technologie der Brenn- und Leuchtstoffe, 2. — **Küster**: Pharmazeutische Chemie (unorganischer Teil), 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2. — **Kauffmann**: Repetitorium der unorganischen Chemie, 2; Kolloquium über organische Chemie, 2; Farbenchemie unter besonderem Eingehen auf die Chemie mehrkerniger Benzolderivate, 2. — **Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Organische Chemie für Vorgeschrittene, 2. — **Bauer**: Arbeitsmethoden des deutschen Arzneibuchs, 1; Die chemische Untersuchung des Harns, mit Übungen, 1. — **Philip**: Maßanalyse, 1. — **Rohland**: Technologie der Mörtelmaterialien, 1 *g*; Unorganische Chemie mit Berücksichtigung technischer Prozesse, 1 *g*. — **Brunner**: Photochemie mit besonderer Berücksichtigung der Photographie, 1. —

Haller: Trigonometrie, 2, Übungen, 2 und 1. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4. — **Wölffing**: Elemente der Differential- und Integralrechnung, 4, mit Übungen; Höhere Algebra, 3. — **Faber**: Höhere Mathematik II, mit Übungen, 8. — **Mehmke**: Mathematisches Seminar (mit Faber); Darstellende Geometrie (mit Stübler), 3, Übungen, 4; Graphisches Rechnen (mit Stübler), 1, Übungen, 2; Punktrechnung (mit Stübler), 3, Übungen, 1. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2, Übungen II, 2. — **v. Weyrauch**: Mechanische Wärmetheorie, 4. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4. — **Hammer**: Ausarbeitung der geodätischen Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie I: Vermessungskunde, 3, Übungen, 6; Geodätische Übungen (mit Heer), 4; Ausgleichungsrechnung: Methode der kleinsten Quadrate, Übungen, 2; Direkte Zeit- und geographische Ortsbestimmung, mit Übungen, 2. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Schall, Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5, Physikalische Übungen für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. — **Waitz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 3, Übungen, 2; Meteorologie und Klimatologie, 1. — **Gans**: Elektromagnetische Lichttheorie, 2; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten, 1. — **Happel**: Graphische Statik, 1; Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 1. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im Laboratorium, tägl.: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow), ganz- oder halbtägig, b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), ganz- oder halbtägig, c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), ganztägig, d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Bülow und Weinland), ganztägig. — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse, 6; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I, 3; Die deutsche chemische Industrie, 1. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe I (anorganisch), 2; Quantitative Untersuchung der Arzneistoffe, 1. — **Letsche**: Chemie des Harns, mit Einschluß der Harnanalyse, 1—2. — **Kliegl**: Zyklische Verbindungen I: Einkernige karbozyklische Verbindungen, 2. — **Magnus**: Physikalische Chemie, 2. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Über nichtstarre Systeme und die Mechanik von Hertz, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Niedere Analysis, 3; Elliptische Funktionen, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Perron**: Höhere Analysis II (Fortsetzung der Differentialrechnung, Integralrechnung), 4, Seminar, 1; Ausgewählte Kapitel aus der Elementargeometrie (nicht für Anfänger), 3. — **Rosenberg**: Einführung in die Probleme der Astrophysik, 1; Theorie und Anwendung der astronomischen Instrumente, 2. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Lehramtskandidaten und Mediziner, 5. — **Exner**: Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten I, 6, für Chemiker und Naturhistoriker, 6; Physikalische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Physikalisches Konversatorium (mit v. Schweidler), 1 *g*. — **Hasenöhrl**: Mechanik der starren Systeme, 3; Optik II, 2; Proseminar für theoretische Physik, 1 *g*; Seminar für theoretische Physik, 1 *g*; Besprechung neuer Arbeiten über theoretische Physik (mit Ehrenhaft, Nabl und Frank), 1. — **v. Schweidler**: Physikalisches Prak-

tikum für Lehramtskandidaten I, 6; Experimentalphysik für Pharmazeuten, 5. — **Meyer**: Elemente der theoretischen Physik I, 5. — **Mache**: Wärmeleitung, $1^3/_4$. — **Haschek**: Physikalisches Praktikum für Vorgeschrittene, 8; Experimentelle Optik: Polarisation und Doppelbrechung, 3. — **Kohl**: Thermodynamik, 2. — **Przibram**: Die experimentellen Grundlagen der Elektronentheorie, 1. — **Ehrenhaft**: Über die Theorie und Anwendung des Mikroskopes, 1. — **Nabl**: Geometrische Optik, 2. — **Frank**: Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2; Der einheitliche Aufbau der Mechanik, Wärme- und Elektrizitätslehre nach den Methoden der allgemeinen Thermodynamik, 1. — **Hann**: Allgemeine Meteorologie, 2; Klima von Europa, besonders von Österreich-Ungarn, 1. — **Trabert**: Einleitung in die Meteorologie I, 2; Bewegungserscheinungen der Atmosphäre, insbesondere die Stürme (mathematisch), 1. — **Conrad**: Dynamik der Atmosphäre, 1. — **Defant**: Sonnenstrahlung, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 6wöchige Kurse; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20. —

Franke (i. V.): Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Arbeiten im II. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl. — **Wegscheider**: Theoretische und physikalische Chemie I, 5; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene (mit Wenzel und Pollak), tägl. — **Herzig**: Über Alkaloide, 2; Übungen aus pharmazeutischer Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Lippmann**: Chemie des Chinolins, Pyridins und der Alkaloide, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel der Chemie und Technologie der Nahrungsmittel, 2. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Chemische Übungen für Vorgeschrittene, tägl.; Chemie der Pflanzen I: Die chemischen Bestandteile der Pflanzen, 1. — **Pollak**: Chemische Technologie der Rohstoffe des Pflanzenreichs, mit Exkursionen, 1; Elemente der analytischen Chemie, 2; Färberei-chemische Übungen, 5. — **Wenzel**: Chemische Technologie: Anorganische Großindustrie, 2. — **M. Kohn**: Konstitutionsermittelung organischer Verbindungen, 1. — **Abel**: Theoretische Elektrochemie, 2. —

Escherich: Bestimmte Integrale und Funktionentheorie, 5; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*. — **Mertens**: Algebra, 5; Übungen im mathematischen Seminar, 2 *g*; Übungen im mathematischen Proseminar, 1 *g*. — **Wirtinger**: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **G. Kohn**: Einleitung in die synthetische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Kurven und Flächen dritter Ordnung, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik, 4. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik I, 3. — **Hanni**: Einführung in die Vektorenrechnung, 2. — **v. Schrutka**: Integralrechnung, mit besonderer Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Anwendungen, 2. — **Tietze**: Ausgewählte Kapitel der Elementargeometrie: Lösbarkeit von Konstruktionsaufgaben, 2. — **Hepperger**: Sphärische Astronomie, 4; Bahnbestimmung der Meteore, 1. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik, 5; Optik, 2. — **Mache**: Physik, 5. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie, 2. — **Sahulka**: Elektrotechnik, $4^1/_2$. Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4; Elektrotechnische Meßkunde, 2. — **Reithoffer**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Pichelmayer**: Dynamobau, 5, Konstruktionsübungen II, 8; Elektrotechnik, Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Elektrische Arbeitsübertragung, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen, 2, Übungen, 4. — **Grau**: Elektrisches Beleuchtungswesen, 1. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. —

Bamberger: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6, Übungen, 20; Enzyklopädie der technischen Chemie, 3; Praktische Übungen in der Ausführung technischer Proben, 3. — **Suida**: Allgemeine Experimentalchemie: Organische Chemie II, 4; Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen, 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, 20. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, 20. — **Moser**: Die Methoden der technischen und exakten Gasanalyse, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2, Übungen, 4; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, 20; Technische Feuerungen, 6 bezw. 1. — **Praetorius**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie organischer Verbindungen, 1; Physikalisch-chemisches Messen und Rechnen, 1. — **Skrabal**: Qualitative chemische Analyse, 2. — **Böck**: Arbeitsmethoden in der organischen Chemie, 2. — **Paweck**: Theoretische Elektrochemie, 2; Das Rosten des Eisens und die elektrochemische Verzinkung, 1; Der elektrische Ofen und seine Verwendung in der chemischen Industrie, 1. — **Abel**: Kolloidchemie, 1; Chemische Statik, 1. — **Klimont**: Chemie der Fette, 1; Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 2. — **Lippmann**: Synthese der Benzolderivate, 3. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Strache**: Beleuchtungswesen und Gasindustrie, $1^1/_2$. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I und II, 2. — **Ruß**: Technologie des Stickstoffes, 2. —

Zsigmondy: Mathematik I, 6, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 6; Analytische Geometrie, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 6; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **N. N.**: Grundlehren der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1. — **v. Schrutka**: Praxis des Rechnens, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie, 5, Konstruktives Zeichnen, 6, Seminar, $1^1/_2$; Konstruktive Behandlung einiger Flächenarten, 2, Konstruktionsübungen, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie I, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Adler**: Graphisches Rechnen, 2. — **Finger**: Mechanik I, 6. — **N. N.**: Mechanik I, 6, Übungen, 2. — **Saliger**: Allgemeine Mechanik, 3. — **Kirsch**: Mechanik II, 6. — **N. N.**: Enzyklopädie der Mechanik, 6. — **Jung**: Einführung in die Vektoranalysis, 1; Ausgewählte Abschnitte der höheren Dynamik, 2. — **Girtler**: Dynamik der materiellen Punktsysteme im allgemeinen und des starren Körpers im besonderen, 2. — **Leon**: Analytische Mechanik des elastischen, festen Körpers, 2. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, $4^1/_2$. — **Dolezal**: Praktische Geometrie, $4^1/_2$, Übungen, 5; Situationszeichnen, 4, Geodätischer Kurs, 4; Geodätisches Seminar, 2; Photogrammetrie: Photographische Meßkunst, $1^1/_2$, Übungen, 2. — **Dokulil**: Technik des Katasterwesens, 3. — **N. N.**: Höhere Geodäsie, 4; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3; Geodätische Rechenübungen, $2^1/_2$. —

Universität Würzburg.

W. Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, 5; Praktische Übungen, 4 bzw. 10; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Cantor**: Theorie der Wärme, 4; Übungen zur theoretischen Physik (mit Hilb), 1 *g*. — **Harms**: Ausgewählte Kapitel der theoretischen Physik, 2. —

Medicus: Chemische Technologie, 4; Pharmazeutische Chemie, organischer Teil, 5; Praktikum für Pharmazeuten, halb- und ganztägig; Kursus technisch-chemischer Analysen, 2 halbe Tage; Praktikum in allen Richtungen der angewandten Chemie und Nahrungsmittelanalyse, halb- oder ganztägig. — **N. N.**: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Manchot), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Pauly), 8; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Manchot), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs (mit v. Halban), 8. — **Manchot**: Analytische

Chemie, 3. — **Reitzenstein**: Die wirtschaftliche Bedeutung der chemischen Großindustrie, 1. — **Pauly**: Die Zuckergruppe und verwandte stickstoffreie Verbindungen, 1. — **Schlotterbeck**: Arbeitsmethoden der organischen Chemie, 2. — **Emmert**: Ausgewählte Kapitel der anorganischen Chemie, 1. — **v. Halban**: Allgemeine physikalische Chemie, 2. —

Rost: Theorie der Funktionen einer komplexen Veränderlichen, 4; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4 *g*; Astromechanik, 2; Einführung in die analytische Geometrie der Ebene, 4; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. *g*; Astronomisches Praktikum, *g*. — **v. Weber**: Algebraische Analysis, 4; Analytische Mechanik I, 4, Übungen, $1^1/_2$ *g*. — **Hilb**: Einführung in die Differentialgleichungen, 4; Algebra, 4, Übungen, 1 *g*; Elementare Einführung in die höhere Analysis, 1. —

Universität Zürich.

Kleiner: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $^1/_2$ Tag, für Vorgerücktere (mit Einstein), tägl.; Einleitung in die theoretische Optik, 1. — **Einstein**: Elektrizität und Magnetismus, 4; Ausgewählte Kapitel aus der theoretischen Physik, 2. — **Adler**: Erkenntnistheoretische Einleitung in die Physik, 1; Geometrische Optik, 1. — **Greinacher**: Kathoden-, Röntgen-, Anoden- und Kanalstrahlen, mit Experimenten, 1. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 6; Organische Chemie II, 2; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Studierende der Naturwissenschaften, halbtägig. — **Abeljanz**: Quantitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner, 3 Tage, für Studierende der Naturwissenschaften, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Lebensmitteln, 4 oder 8. — **Pfeiffer**: Physikochemie II, 2; Stereochemie, 2; Naphthene, Terpene und Kampfer, 2. — **Grün**: Fette, Wachse und Lipoide, 1. —

Zermelo: Einführung in die Differential- und Integralrechnung, 4; Differentialgleichungen, 4; Mathematische Übungen für Vorgerücktere, 2. — **Weiler**: Darstellende Geometrie I, mit Übungen, 4; Analytische Geometrie I, mit Übungen, 4; Mathematische Geographie, 2; Synthetische Geometrie, 3. — **Gubler**: Algebraische Analysis, 2; Inhalt und Methode des geometrischen Unterrichts an den Mittelschulen, 1. — **Du Pasquier**: Neuere Entwickelung des Zahlenbegriffes, 1; Methode der kleinsten Quadrate, 1; Das Kometenproblem und verwandte kosmische Fragen, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. — **De Quervain**: Grundzüge der Meteorologie, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

H. F. Weber: Physik, 4, Repetitorium, 1; Prinzipien, Apparate und Meßmethoden der Elektrotechnik, 4; Wechselstromsysteme und Wechselstrommotoren, 2; Zylinderfunktionen und ihre Verwendung in der Physik, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, 8; Leitung wissenschaftlicher Arbeiten in Physik, 8, 12, 24; Experimentelle Übungen in Wechselstromuntersuchungen, 4. — **Weiß**: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4; Wissenschaftliche Arbeiten in den Physikalischen Laboratorien, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Wechselstromtechnik in graphischer Behandlung, 2, Übungen, 1 *g*; Ausgewählte Kapitel aus der Thermodynamik, 1. — **Cherbuliez**: Geschichte der Physik von Newton bis an das Ende des 18. Jahrhunderts, 2; L. Eulers Arbeiten auf dem Gebiete der Optik, 1; Geschichte der Untersuchungen über die physikalischen Eigenschaften der Gase, 1. — **Wyßling**: Elektrische Zentralanlagen II, 2, Übungen und Konstruktionen, 3; Elektrische Kraftübertragung und Beleuchtung, 3, Repetitorium, 1. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik, 1; Militärtelegraphie und -telephonie, 1. — **Farny**: Bau von Dynamomaschinen II, 2; Maschinenkonstruieren, 6; Demonstrationen in der elektrischen Abteilung des Maschinenlaboratoriums, 3; Wechselstrom-Kommutator-Motoren, 1; Entwicklung der Dynamotheorie, 1. — **Barbieri**: Photographie I, 2; Photographisches Praktikum, 2. — **de Quervain**: Ausgewählte Kapitel der Meteorologie, mit Besprechung der jeweiligen Wetterlage, 2. — **Früh**: Meteorologie und Klimatologie, 2. —

Treadwell: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bezw. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Boßhard**: Anorganische chemische Technologie: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennmaterialien, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Bredig**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum für Anfänger, 8; Elektrochemisches Praktikum für Elektrochemiker, 4; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Cérésole**: Bleicherei, Färberei, Farbstoffe, 4, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16 und 24, für Vorgerücktere, tägl. — **Constam**: Thermochemie, 1; Untersuchung, Verwendung und Begutachtung der Brennmaterialien, 1. — **Hartwich**: Pharmakognosie, 5; Lebensmittelanalyse, mit Übungen, 2; Technische Mikroskopierübungen I: Fasern und Stärke, 4; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Mikroskopische Untersuchung pharmazeutischer Drogen, 4; Pharmakognostische Übungen für Vorgerücktere, tägl.; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 4 halbe Tage. — **Ott**: Theorie und Praxis der Leuchtgasindustrie, 1. — **Schmidlin**: Geschichte der Chemie, 1; Mehrkernige und hydroaromatische Substanzen: Terpene, Kampfer, 1. — **Willstätter**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie II: Benzolderivate, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 16 bew. 10; Analytisch-chemisches Praktikum, 24; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Winterstein**: Anorganische Chemie, 4, Repetitorium, 1; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Untersuchung landwirtschaftlich wichtiger Produkte, 1; Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium. —

Franel: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Baeschlin**: Vermessungskunde II, 4, Repetitorium, 1; Erdmessung, 2; Geodätisches Praktikum, 2. — **Beyel**: Rechenschieber, mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1; Flächen 2. Grades, 2. — **Dumas**: Verschiedene Anwendungen der höheren Mathematik, 1. — **Du Pasquier**: Versicherungsmathematik mit Übungen, 2; Methode der kleinsten Quadrate und Ausgleichungsrechnung, 1; Neuere Entwicklung des Zahlenbegriffs, 1; Das Kometenproblem und verwandte kosmische Fragen, 1. — **Geiser**: Analytische Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 1 4tägig, 2; Elemente der Ballistik, 1. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Anwendungen der darstellenden Geometrie, 2, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 4; Mathematisches Seminar (mit Hurwitz), 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 5, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Hurwitz**: Elliptische Funktionen, 4. — **Keller**: Mathematik, 4; Ausgewählte Kapitel aus der darstellenden Geometrie, 2. — **Kienast**: Anwendungen des Arbeitsbegriffs in der Statik, 1 *g*; Attraktionstheorie, 2. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetition, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 3; Mathematische Übungen, 2. — **Kraft**: Analytische Mechanik, 3; Vektoranalysis, 3; Geometrischer Kalkül II, 3, V, 2. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2. —

Für die Redaktion verantwortlich Professor Dr. Friedrich Krüger in Danzig-Langfuhr. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

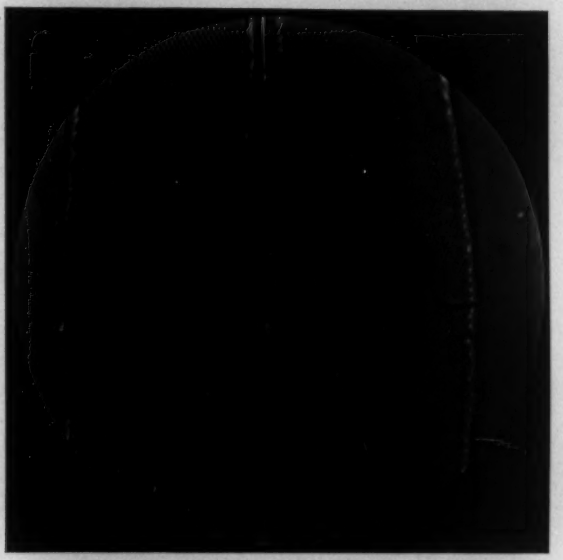


Fig. 2.

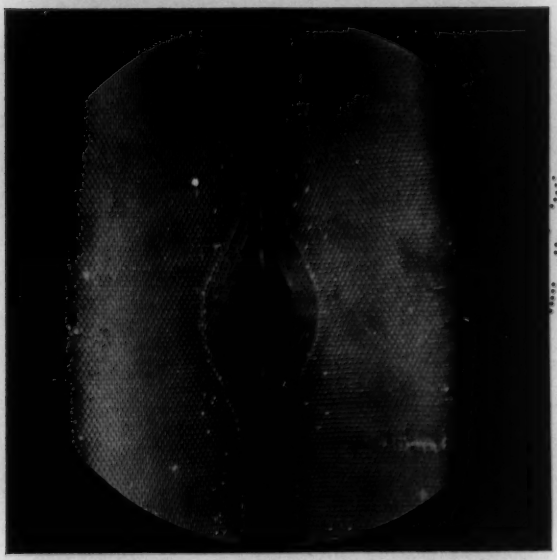


Fig. 5.

BERLIN
OLLEGE
BRARY

OBERLIN
COLLEGE
LIBRARY

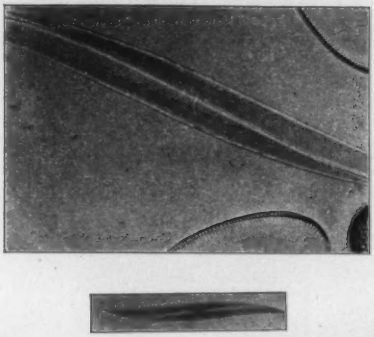


Fig. 1.

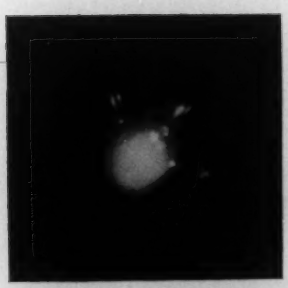


Fig. 7.

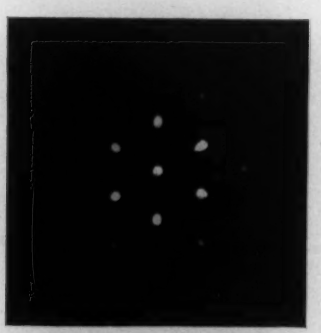


Fig. 10.

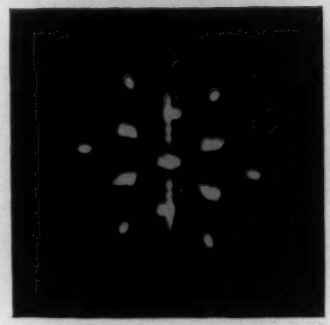


Fig. 11.

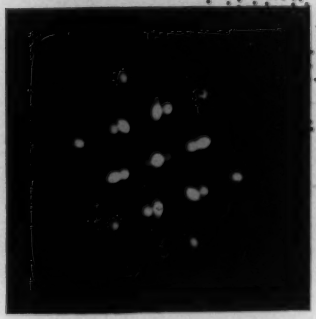


Fig. 12.

BERLIN
...TOE
...RY